



# 中国人工智能医疗白皮书

上海交通大学人工智能研究院

上海市卫生和健康发展研究中心

上海交通大学医学院

上海感知城市数据科学研究院

2019年1月

## 免责声明：

本报告的信息来源于已公开的资料和访谈，对信息的准确性、完整性、可靠性不作保证。本报告的研究时间截止至2018年12月。本报告的内容是基于截止时间前的资料进行的分析。同时，本研究团队对本报告所含的信息内容可在不发出通知的情形下做出修改，报告使用方应当自行关注本报告做出的更新或修改。

## 版权申明：

本报告版权属于研究团队共有，研究团队保留追究法律责任的权利，其他人员未经许可不得擅自使用。

## 执笔：

金耀辉 邱梦娟

## 研究团队（以姓氏拼音为序）：

陈丹妮	丁 蕾	何 达	何 浩
何黎明	黄 楠	黄玉捷	江 帆
金春林	乐嘉锦	林靖生	沈 洁
石 瑛	吴 韬	杨小康	周佳卉

# 目 录

<b>1. 人工智能医疗发展历史</b>	<b>1</b>
1.1 人工智能发展历史	1
1.2 人工智能医疗发展历史	2
1.2.1 国外人工智能医疗发展历史	2
1.2.2 国内人工智能医疗发展历史	3
1.3 人工智能医疗应用领域	4
<b>2. 人工智能医疗政策分析</b>	<b>6</b>
2.1 世界各国人工智能国家战略汇总	6
2.2 世界各国人工智能国家战略分析	11
2.3 中国人工智能医疗相关政策汇总	14
2.3.1 国家层面	14
2.3.2 省级层面	15
2.3.3 市级层面	17
2.4 中国人工智能医疗相关政策分析	21
<b>3. 人工智能医疗行业现状</b>	<b>24</b>
3.1 AI医学影像	25
3.1.1 行业痛点	25
3.1.2 发展优势	27
3.1.3 应用场景	28
3.1.4 行业现状	29
3.1.5 商业模式	34

3.2 AI辅助诊断	35
3.2.1 行业痛点	35
3.2.2 发展优势	36
3.2.3 应用场景	36
3.2.4 行业现状	37
3.2.5 商业模式	37
3.3 AI药物研发	38
3.3.1 行业痛点	38
3.3.2 发展优势	38
3.3.3 应用场景	39
3.3.4 行业现状	41
3.3.5 商业模式	41
3.4 AI健康管理	43
3.4.1 行业痛点	43
3.4.2 发展优势	43
3.4.3 应用场景	45
3.4.4 行业现状	45
3.4.5 商业模式	45
3.5 AI疾病预测	46
3.5.1 行业痛点	46
3.5.2 发展优势	47
3.5.3 应用场景	47
3.5.4 行业现状	48



3.5.5 商业模式	48
<b>4. 中国AI医疗行业面临的挑战</b>	<b>49</b>
4.1 AI医疗人才方面	49
4.1.1 人才数量缺乏	49
4.1.2 人才成本高昂	50
4.2 健康医疗数据方面	51
4.2.1 数据归属不明确	51
4.2.2 数据安全要求高	51
4.2.3 数据开放受限制	52
4.2.4 数据标准不统一	53
4.2.5 数据伦理存争议	54
4.2.6 数据成本代价高	54
4.3 AI医疗器械审批方面	56
4.3.1 器械分类要求高	56
4.3.2 标准数据库建立难	57
4.3.3 临床三期通过难	61
4.3.4 动态评价应对难	64
4.4 人工智能理论方面	65
4.5 AI医疗行业应用方面	66
4.5.1 AI医学影像、辅助诊断、疾病预测	66
4.5.2 AI健康管理	67
4.5.3 AI药物研发	68
<b>5. 对中国AI医疗行业的发展建议</b>	<b>69</b>

5.1 整体层面	69
5.1.1 弥补人才短板	69
5.1.2 解决数据难题	69
5.1.3 助力审批工作	70
5.1.4 探索理论黑洞	70
5.1.5 推动行业应用	70
5.2 上海层面	70
5.2.1 弥补交叉人才短板	70
5.2.2 破解医疗数据难题	71
5.2.3 鼓励制药行业参与	71
5.2.4 加强医药监管职能	71
5.2.5 发展医用传感技术	72
<b>6. 附录</b>	<b>73</b>
6.1 中国人工智能医疗政策	73
6.1.1 国家层面	73
6.1.2 省级层面	77
6.1.3 市级层面	85
6.2 中国人工智能医疗企业清单	89
<b>7. 参考文献</b>	<b>95</b>

## 执行摘要

本报告为上海交通大学人工智能研究院、上海交通大学医学院、上海市卫生健康发展研究中心与上海感知城市数据科学研究院联合编写，集聚人工智能和医疗领域的专家力量，通过对人工智能医疗领域进行广泛的文献研究、商业洞察、专家访谈和行业公开信息整理，系统地梳理了人工智能在医疗领域的应用现状，分析了人工智能医疗领域面临的挑战及发展趋势，并提出了相应的建议，旨在为相关政府部门、投资机构、研究机构、业内公司等利益相关方提供准确、完整、可靠的人工智能医疗白皮书，为行业的政策制定、投资决策、学术发展、产品应用等提供参考依据。

研究团队对世界各国人工智能国家战略进行分析，发现自2016年AlphaGo战胜人类传奇棋手李世石这一里程碑事件开始，世界各国纷纷开始了对人工智能产业的布局。美国作为第一大经济强国，对人工智能反应最为迅速，于2016年10月接连出台了两份人工智能国家战略；中国作为仅次于美国的世界第二大经济体，于2017年7月发布了《新一代人工智能发展规划》；日本作为世界第三大经济体，发布了符合自身科技实力和国情的人工智能战略；英国作为欧洲国家的领先者，拥有全球一流的人工智能公司和学术机构，接连出台了两份国家人工智能规划……可以看出在人工智能的发展上，各国基本处于同一起跑线，基于各自的科研方向、经济实力和特殊国情，制定带有本国特色的人工智能国家战略。各国起始点相近，因而发展趋势有借鉴学习之处。

研究团队分析了中国人工智能国家及省市层面的政策布局，发现首次正式以人工智能为核心的规划文件是2017年国务院发布的《新一代人工智能发展规划》。该规划提出了2020、2025、2030年“三步走”目标，医疗作为其中一个重要的应用领域受到了极高的重视。在省级层面，截至2018年12月末，全国31个省市中已有19个省市发布了人工智能规划，计划2020年核心产业规模总额达到近4000亿，产业规模目标排名前五的省市分别为上海市、北京市、浙江省、广东省和四川省。在市级层面，北京、上海、杭州、深圳作为一线人工智能城市，依托强大的学术实力、科技实力、经济实力和政策支持，以及BAT科技巨头的行业示范带动作用，在

人工智能领域具有先发优势。其他城市多将人工智能与当地特色产业结合，如合肥依托中科大和科大讯飞打造“中国声谷”。

研究团队通过对人工智能在医疗领域的应用情况进行分析，提出五大主要应用领域，分别为医学影像、辅助诊断、药物研发、健康管理、疾病预测。（1）在医学影像方面，借助医疗影像大数据及图像识别技术的发展优势，AI医学影像已成为中国人工智能与医疗结合最成熟的一个领域，无论从融资情况（2018年前三季度融资额高达26亿元）、还是2018年预计收入前十名情况，AI医学影像行业均表现亮眼，并且在肺结节、眼底、乳腺癌、宫颈癌领域已有较为成熟的产品。但由于该领域至今无一例医疗AI产品获得三类医疗器械证书，因而我国基本成型的AI医学影像产品大多处于医院试用阶段，该领域的公司基本没有实现盈利。（2）在辅助诊断方面，医学影像、电子病历、导诊机器人、虚拟助理是主要的应用场景，并且产品多为软硬件一体化全套解决方案，目前产品仍处于打磨阶段，未来可能倾向服务收费的模式。（3）在药物研发方面，国内新药研发仍以仿制药和改良药为主，因此相比国外AI药物研发行业，国内布局较为落后，但商业模式清晰，主要为人工智能公司与药企合作开发新药。（4）在健康管理方面，国内该领域尚未成熟，主要聚焦于慢病和母婴管理方面，商业模式以企业和个人支付的健康体检为主，后续付费模式有待成熟。（5）在疾病预测方面，我国主要聚焦于基因检测领域，由于存在技术壁垒，该领域上游基本被国外公司垄断，下游主要为医院投放模式和第三方检测模式。

研究团队分析了中国人工智能医疗行业面临的挑战及发展趋势，提出中国目前主要面临五大方面的挑战：（1）在人工智能人才方面，美国人工智能人才数量接近85万人，而中国只有5万，不仅人数相对较少，而且人工智能人才成本高昂。（2）在健康医疗数据方面，目前中国面临健康医疗数据归属不明确、数据安全要求高、数据开放受限制、数据标准不统一、数据伦理存争议、数据成本代价高等问题，这些都是制约人工智能医疗行业发展的重要因素。（3）在AI医疗器械审批方面，由于产品未通过审批就无法上市盈利，因此产品审批难以通过成为产业发展的重要掣肘。针对此种情况，国家相关监管部门积极应对市场需求，组建AI器械审批小组，建立标准数据库，加速审批流程。（4）在人工智能理论方面，现阶段医学

人工智能诊断系统难以解释诊断过程，因此仍存在“黑盒”风险。（5）在行业应用方面，人工智能不仅能减少医生的工作量，还能提高医生诊断的准确率。但是，对于医疗机构来说，这并不是刚需；加上付费方不清晰，目前没有明确买单方是医院、患者、药企、保险公司还是政府，这是未来需要多方探索的问题。

基于中国人工智能医疗行业面临的挑战及发展趋势，研究团队提出了发展人工智能医疗行业的建议：（1）弥补人才短板。人工智能医疗领域是人工智能和医疗这两个专业性极强领域的结合，人才是第一生产力要素。中国可依托高校培育人工智能医疗复合型人才，鼓励“高校-医院-企业”通过合作、交流、培训等方式培养人工智能医疗战略型、复合型人才，引入兼具人工智能技术和医学知识的复合型跨界人才，支持人工智能领域和医疗领域的相关跨界交流活动如学术会议、行业沙龙等。（2）解决数据难题。推动公立医院联网，逐步建立更多完整、高质量、标注好的单病种数据库、建立多病种关联的数据库，建立统一的健康医疗数据标准，加强数据安全管理和监督。（3）助力审批工作。鼓励中立第三方建立更多疾病领域的标准数据集，针对AI医疗器械产品特性建立完备、合适的临床试验审评和动态评价标准。（4）推动医疗AI产品和服务纳入财政收费体系，可考虑探索并试点部分收费项目。（5）鼓励“研究院-企业-医院”合作产品，形成多元化的“技术-产品-应用”组合，促进产品更好地结合现有技术在产业链的各个环节实现落地应用。

最后，研究团队立足于上海的情况，对上海发展人工智能医疗提出了建议：（1）弥补交叉人才短板。在政府的引导下，依托上海高校培育人工智能医疗复合型人才，着力建设高校医工交叉、医院临床转化和IT企业及医药企业人才成长的协作生态，引入复合型跨界人才来上海工作，支持人工智能领域和医疗领域的相关跨界交流活动，如学术会议、行业沙龙等。（2）破解医疗数据难题。充分发挥申康医联临床信息共享平台数据汇集的先行优势，建设以患者为中心的多病种临床数据中心，探索患者隐私保护和数据安全技术，梳理健康医疗数据资源目录体系，制定分类、分级、分域开放应用的政策规范，联合联影、依图等企业积极构建面向人工智能医疗训练和测试的高质量基准库，助力AI医疗器械产品的审批工作。（3）鼓励制药行业参与。牢牢把握住上海张江药谷在药物研发上的核心优势，聚焦优势重

点领域，鼓励制药企业与研究院、医院合作研究，利用人工智能技术加速上海医药产业发展的高端化、智能化和国际化，取得更多上海“味隆替尼”自主研发成功上市的成就。（4）加强医药监管职能。依托上海健康信息平台，利用互联网和大数据技术开发医药智能监管系统，建立风险预警和评估机制，加强医疗卫生行业的综合监管，降低药物不良事件，利用智能监管技术提高医药监管安全系数。（5）发展医用传感技术。上海具有人口老龄化、慢病年轻化的趋势，可紧紧围绕老人、儿童这两大群体，重点发展医用传感技术、带动相关集成电路产业发展，针对老人和儿童的身体情况（如糖尿病）或心理情况（如自闭症、抑郁症）研发出能够远程实时监控的可穿戴智能医疗设备。

# 1. 人工智能医疗发展历史

## 1.1 人工智能发展历史

1946年，美国数学家Mauchly、Eckert等制造出世界上第一台通用计算机ENIAC。

1956年，计算机科学家约翰·麦卡锡在达特茅斯会议上说服了与会者接受“人工智能”作为该领域的名称。达特茅斯会议也被认为是人工智能正式诞生的标志。

1959年，IBM公司的计算机专家阿瑟·塞缪尔创造了“机器学习”一词。同年，约翰·麦卡锡发表了文章《Programs with Common Sense》，提出了“Advice Taker”的概念。

1964年，美国麻省理工学院(MIT)人工智能实验室的约瑟夫·维森鲍姆开发了最早的自然语言聊天机器人ELIZA。ELIZA是最早的人机对话程序，能够模仿临床治疗的心理医生。

1972年，知识工程MYCIN研发成功，该系统用于传染性血液的诊断和处方。该事件标志着人工智能进入“专家系统”时期。

1984年，人工智能寒冬来临。在1984年AAAI会议上，人工智能专家罗杰·单克和马文·明斯基警告“AI之冬”即将到来。

1997年，IBM公司的DeepBlue战胜国际象棋冠军Kasparov，成为首个击败世界冠军的系统。

2006年，诺伊大学香槟分校的计算机教授李飞飞建立ImageNET数据库。ImageNET是一个大型注释图像数据库，用于协助视觉对象识别软件开展研究。同年，Geoffrey提出深层神经网络逐层训练的高效算法，在当时的计算条件下使神经网络模型训练成为了可能。

2016年，英国初创公司DeepMind研发的AlphaGo以4:1的比分战胜人类职业棋手九段李世石。AlphaGo的出现将世人对人工智能的期待提高到了前所未有的高度，人工智能迎来了最好的发展时代。

.....



人工智能爆发的三要素为算法、算力和大数据。人工智能的概念从首次提出到现在已有60余年，近几年才呈现出爆发的趋势，这不单单是因为算法改进和数据积累的推动，更重要的是计算能力发生了重大变革。GPU大大提升了计算机的性能，并且使之拥有远超CPU的并行计算能力。在算法方面，深度学习是人工智能领域研究与应用的核心算法。日渐成熟的大数据更是为算法、算力提供了庞大的数据量，通过多隐层模型的建立，以及大量训练数据的学习，计算机能够提取数据特征，从而通过数据挖掘进行数据处理，自动学习数据特征。算法、算力和大数据这三者是决定人工智能行业发展的三大要素，也是各大互联网巨头角力的三大山头。

## 1.2 人工智能医疗发展历史

随着大数据、互联网和信息科技的发展，人工智能被广泛试点应用于智慧医疗、智慧教育等领域。近几年全球各地纷纷提出“大健康”、医疗大数据等概念，将民生健康置于战略性地位，也促进了人工智能医疗领域的发展。

### 1.2.1 国外人工智能医疗发展历史

20世纪70年代，国外开始出现了在医疗领域的人工智能探索尝试。

1972年，利兹大学研发的AAPHelp能根据病人的症状计算出产生剧烈腹痛可能的原因。1974年，资深医生诊断的准确率已经不如该系统。尽管AAPHelp运行耗时久，但在20世纪70年代计算机硬件条件下，AAPHelp的产生仍具有突破性意义。

在随后的几年内，不少新的人工智能医疗产品成果再次出现在人们的视野中。

1974年，匹兹堡大学研发出INTERNISTI，它主要用于辅助诊断内科复杂疾病。

1976年，斯坦福大学研发出MYCIN系统，它能诊断出感染病患者并提供抗生素处方。MYCIN系统的内部共有五百条规则，只要按照MYCIN系统的提问依次进行回答，就能自动判断出患者所感染细菌的类别和开出相应处方。

此外，在七十年代，还有斯坦福大学开发的ONCOCIN，MIT开发的PIP、ABEL，罗格斯大学开发的CASNET/Glaucoma等。

20世纪80年代，一些商业化应用系统开始出现，比如QMR(Quick Medical Reference)和DXplain，主要是依据临床表现提供诊断方案。



20世纪90年代，CAD(Computer Aided Diagnosis, 计算机辅助诊断)系统问世，它也是比较成熟的医学图像计算机辅助应用，包括乳腺X射线CAD系统。

进入21世纪，IBM Watson是人工智能医疗领域最知名的系统，并且已经取得了非凡的成绩。例如在肿瘤治疗方面，Watson能够在几秒内对数十年癌症治疗历史中的150万份患者记录进行筛选，并提出循证治疗方案供医生选择。目前癌症治疗领域排名前三的医院都在使用Watson，并且中国也正式引进了Watson。

2016年2月，谷歌DeepMind宣布成立DeepMind Health部门，并与英国国家健康体系(NHS)合作，辅助他们进行决策。DeepMind还参与NHS的一项利用深度学习开展头颈癌患者放疗疗法设计的研究。同时，DeepMind与Moorfields眼科医院开展将人工智能技术应用于及早发现和治疗威胁视力的眼部疾病的合作。

### 1.2.2 国内人工智能医疗发展历史

20世纪80年代初，我国开始进行人工智能医疗领域的开发研究，虽然起步落后于发达国家，但是发展迅猛。

1978年，北京中医医院关幼波教授与计算机科学领域的专家合作开发了“关幼波肝病诊疗程序”，第一次将医学专家系统应用到我国传统中医领域。此后我国加快开展了人工智能医疗产品的研发，具有代表性的产品有“中国中医治疗专家系统”、“林如高骨伤计算机诊疗系统”以及具有咨询和辅助诊断性质的“中医计算机辅助诊疗系统”等。

进入21世纪以来，我国人工智能在医疗的更多细分领域都取得了长足的发展。

2016年10月，百度发布百度医疗大脑，对标谷歌和IBM的同类产品。百度医疗大脑作为百度大脑在医疗领域的具体应用，它大量采集与分析医学专业文献和医疗数据，通过模拟问诊流程，基于用户症状，给出诊疗的最终建议。2018年11月，百度发布人工智能医疗品牌“百度灵医”，目前已有“智能分导诊”、“AI眼底筛查一体机”、“临床辅助决策支持系统”三个产品问世。

2017年7月，阿里健康发布医疗AI系统“Doctor You”，包括临床医学科研诊断平台、医疗辅助检测引擎等。此外阿里健康还与政府、医院、科研院校等外部机构合作，开发了20种常见、多发疾病的智能诊断引擎，包括糖尿病、肺癌预测、眼底筛查等。2018年9月，阿里健康和阿里云联合宣布阿里医疗人工智能系统“ET医疗大脑”2.0版本问世。

2017年11月，腾讯自建的首款AI医学影像产品“腾讯觅影”入选国家首批人工智能开放创新平台。通过图像识别和深度学习，“腾讯觅影”对各类医学影像（内窥镜、CT、眼底照相、病理、超声、MRI等）进行训练学习，最终达到对病灶的智能识别，用于辅助医生临床诊断和食管癌、肺癌、糖网病变等疾病的早期筛查。2018年11月，腾讯牵头承担的“数字诊疗装备研发专项”启动，该项目作为国家重点研发计划首批启动的6个试点专项之一，基于“AI+CDSS”（人工智能的临床辅助决策支持技术）探索和助力医疗服务升级。

### 1.3 人工智能医疗应用领域

人工智能与医学领域的结合点非常多，本报告重点阐述了人工智能在医疗领域的五个主要应用方向，分别是医学影像、辅助诊断、药物研发、健康管理、疾病预测，原因如下：

**（1）AI医学影像。**Global Market Insight的数据报告显示，人工智能医学影像市场是人工智能医疗应用领域的第二大细分市场，并将以超过40%的增速发展，预计2024年将达到25亿美元的规模，市场占比为25%。目前，在中国人工智能医疗应用领域中，医学影像是最热门的领域，投资金额最高、投资轮次最多、赛道公司最多、应用最为成熟。因此，本报告将首先重点阐述AI医学影像的行业情况。

**（2）AI辅助诊断。**AI辅助诊断概念广泛，通常来说是指能帮助医生进行疾病诊断和提出治疗方案的辅助产品，其中最主要的细分领域包括AI医学影像、电子病历、导诊机器人、虚拟助理等。由于AI医学影像的市场份额高、领域相对成熟，本报告将AI医学影像单独作为一章进行详细分析。“AI辅助诊断”章节将重点阐述电子病历、导诊机器人和虚拟助理的情况。另外，需要注意的是尽管手术机器人（如达芬奇手术机器人）和康复机器人（如Handy1）具有辅助诊断的功能，但是它们目前只能按照人类制定的程序进行指定性操作，本身并不具备较强的“人工智能”特性，不能与人类产生交流互动、无法进行自主判断，因此本报告未将手术机器人和康复机器人纳入“AI辅助诊断”的类别。

**（3）AI药物研发。**全球人工智能医疗应用市场中，第一大细分市场是药物研发，占比达35%，国外创新药市场较为成熟，而我国AI药物研发相对落后，新药研发仍然以仿制药和改良药为主，且研发赛道公司不多，产业欠成熟。本报告综合考

考虑国内外AI药物研发情况，将药物研发单独作为一章进行阐述，通过分析和借鉴国外成熟的AI药物研发情况来助力我国AI药物研发的发展。

**(4) AI健康管理。**相对于诊断就医环节，健康管理是把被动的疾病治疗变为主动的自我健康监测，主要产品为智能可穿戴设备。与传统可穿戴设备相比，智能可穿戴设备能够进行长时间的实时监测以及数据多维管理和分析，目前主要的应用领域为慢病管理、母婴管理、精神健康管理和人口健康管理。基于中国当前正加速进入老龄化社会和逐步实施放开生育政策的基本国情，未来健康管理的市场潜力巨大。

**(5) AI疾病预测。**这里的AI疾病预测有别于前文叙述的AI医学影像、AI辅助诊断、AI健康管理中人工智能应用于疾病预测的概念。本报告将AI疾病预测单独作为一章分析，主要指通过基因测序与检测，提前预测疾病发生的风险，也包括运用各种生化、影像、行为日常大数据来预测疾病发生情况。

从全文架构来看，本报告主要由六部分组成：第一部分介绍了国内外人工智能医疗发展的历史；第二部分梳理并分析了世界各国、中国国家及省市层面的人工智能医疗政策；第三部分阐述了AI医学影像、AI辅助诊断、AI药物研发、AI健康管理和AI疾病预测五个主要应用领域，分别从行业痛点、发展优势、应用场景、行业现状及商业模式五个角度进行介绍；第四部分分析了人工智能医疗行业整体面临的挑战；第五部分提出了中国人工智能医疗行业发展的相关建议；第六部分为本报告研究内容的附录；第七部分为参考文献。

## 2. 人工智能医疗政策分析

### 2.1 世界各国人工智能国家战略汇总

人类社会文明史上共有四次工业革命。第一次工业革命是蒸汽技术革命，自1769年英国人瓦特改良蒸汽机之后，传统手工劳动完成了向动力机器生产转变的重大飞跃。第二次工业革命是电力技术革命，以电灯的发明为标志，从此社会进入电气时代。第三次工业革命是计算机及信息技术革命，使得世界进入信息化和全球化时代。第四次革命是以人工智能等为主的全新技术革命，力图通过新技术，大幅度提高资源生产率。

人工智能这个概念已经出现了六十多年，但近十年才真正得到全社会层面的重视，甚至上升到国家战略层面。世界各国纷纷出台人工智能国家战略，率先布局本国人工智能。本报告对各国人工智能国家战略进行梳理，并对医疗内容进行重点分析。

表1：世界各国人工智能国家战略

美国	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2016年10月 《白宫为人工智能的未来做好准备的报告》 分析人工智能在美国的发展现状、应用情况、引发的社会问题、相关公共政策等内容。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2016年10月 《美国国家人工智能研究和发展战略计划》 通过设计框架来明确人工智能所需要的科学技术，同时跟进研发投入的进度，使其产生最大化效益。</li> </ul>
法国	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2017年3月 《法国人工智能战略》 法国人工智能的发展优先聚焦于健康、交通、环境、国防与安全四个领域。</li> </ul>
加拿大	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2017年3月 《泛加拿大人工智能战略》 确立加拿大在AI经济、伦理、政策和法律研究方面的全球领导地位。</li> </ul>
日本	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2017年3月 《人工智能技术战略》 发展人工智能以便维持日本在汽车、机器人领域的技术优势，解决人口老化、医疗及养老等社会问题。</li> </ul>
新加坡	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2017年5月 《新加坡人工智能战略AI.SG》 充分结合新加坡政府、科研机构与产业界的力量，从而发展人工智能，促进其应用。</li> </ul>
中国	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2017年7月 《新一代人工智能发展规划》 我国在人工智能领域展开系统部署的第一份文件，提出了“三步走”战略，到2030年抢占全球人工智能制高点。</li> </ul>
阿联酋	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2017年10月 《阿联酋人工智能战略》 阿联酋是中东首个建立人工智能战略的国家，也是全球首个设立“人工智能部”的国家，其主要目标是利用人工智能提高政府的施政能力和办事效率。</li> </ul>



- | 英国
  - 2017年10月 《在英国发展人工智能》  
 分析了英国人工智能的应用现状、市场和政策扶持情况，并对数据、科技、相关研究和政策的开放程度与投入情况给出了建议。
  - 2018年5月 《产业战略：人工智能领域行动》  
 围绕人工智能“打造世界最创新的经济、为全民提供好工作和高收入、升级英国的基础设施、打造最佳的商业环境、建设遍布英国的繁荣社区”这五大目标制定了具体的行动措施。
- | 欧盟
  - 2018年3月 《人工智能时代：确定以人为本的欧洲战略》  
 介绍了欧洲人工智能的发展，提出了人工智能偏见问题，指出欧盟应该采取的应对策略。
- | 印度
  - 2018年6月 《国家人工智能战略》  
 重点关注印度如何利用人工智能促进经济增长和加强社会包容。
- | 韩国
  - 2018年7月 《人工智能研发战略》  
 涉及人才、技术和基础设施三个方面，同时发布了应用人工智能的大型公共特色项目，如急诊服务、新药开发等。
- | 德国
  - 2018年7月 《联邦政府人工智能战略要点》  
 在人工智能领域通过广泛而迅速地将研究成果转化为应用，实现管理的现代化。

## (1) 2016年10月，美国《白宫为人工智能的未来做好准备的报告》

白宫发布《为人工智能的未来做好准备》的报告，披露了当前人工智能发展现状、应用情况、对社会和政策的影响。报告还特别详细地介绍了人工智能政策相关内容，比如提升社会福利、改进政府执政水平，为人工智能技术（如无人车）制定监管措施；如何确保人工智能的应用是公正的、安全的和可控的；以及如何培养区别于人工智能的劳动技能。报告制定了美国人工智能的发展线路和策略，并为特定领域提供了23条行动建议。

报告指出要加速人工智能在医疗领域的发展。美国医学中心、医院利用人工智能对并发症进行预测预防、发展电子化病历、对医疗大数据进行分析挖掘等，加快了疾病治愈的速度和减少了相应的成本。人工智能为医疗带来的社会意义和经济价值使人工智能医疗领域具有非常乐观的前景。

## (2) 2016年10月，美国《美国国家人工智能研究和发展战略计划》

美国国家科技委员会人工智能小组制定的《美国国家人工智能研究和发展战略计划》设计了一个高层次框架，不仅明确了人工智能所需要的科学技术，而且还能监督研发投入的进度，使得投入产生最大化效益。该框架还基于人工智能的近期能力和远期对社会产生的影响，确定了联邦资金资助人工智能研发的优先顺序。《战略计划》有助于美国利用人工智能计划的全部潜能来推动国家经济发展及改善社会

问题，并对联邦政府资助人工智能研发的战略规划提出了7条策略和2大方面的建议。

《战略计划》还提出要在医学诊断等领域开发有效的人类与人工智能协作的方法，当人类需要帮助时，人工智能系统能够自动执行决策和进行医疗诊断。

### **(3) 2017年3月，法国《法国人工智能战略》**

法国政府发布《法国人工智能战略》，旨在制定法国在人工智能领域的发展计划，基于对医疗健康、自动驾驶和交通出行等人工智能密切相关部门的深入调研，法国人工智能的发展将特别聚焦于健康、交通、环境、国防与安全这四个优先领域。《法国人工智能战略》提出了超过50项建议，包括研发、技术培训等多个领域，国家强调扶持创新企业稳固发展，并建立一个专门执行报告建议的委员会，实施一项研究计划和一个支持国家战略的公私合作项目。

在国家健康数据研究所的基础上，法国优先发展卫生健康领域，并将成立真正意义上的“卫生健康数据中心”，该数据中心包括医保报销数据、临床数据和科研数据等，并最终实现数据开放。

### **(4) 2017年3月，加拿大《泛加拿大人工智能战略》**

加拿大政府在2017年发布了《泛加拿大人工智能战略》，承诺对加拿大人工智能的研究与开发提供1.25亿加元的经费，这一战略旨在增加加拿大人工智能人才人数，在埃德蒙顿、蒙特利尔和多伦多均建立了人工智能研究中心，以建立加拿大在AI经济、伦理、政策和法律研究方面的全球领先地位。

### **(5) 2017年3月，日本《人工智能技术战略》**

2014年9月，日本政府成立“机器人革命实现委员会”，召开会议讨论并将讨论成果汇总编制成《新机器人战略》；2015年1月，日本政府发布《日本机器人战略：愿景、战略、行动计划》；2016年5月，日本政府发布《人工智能/大数据/物联网/网络安全综合项目》（AIP项目）；2017年3月，日本政府正式针对人工智能发布《人工智能技术战略》。

日本非常重视人工智能，并将2017年确定为人工智能元年。他们视物联网(IoT)、人工智能(AI)和机器人为第四次产业革命的核心。除此之外，日本还建立了国家层面的研发促进机制，希望大力发展人工智能以维持日本在汽车、机器人方面的技术优势，并解决人口老化、医疗及养老等社会问题。

其中，日本将医疗健康及护理作为人工智能的突破口。为应对快速老龄化社会的到来，日本基于医疗、护理系统的大数据化，将建成以人工智能为依托、世界一流的医疗与护理先进国家。不仅如此，基于先进的预防医学，日本以实现80岁以上高龄者健康工作及有效降低社保负担作为目标，构筑以健康关怀为主的健康长寿产业大国。

#### **（6）2017年5月，新加坡《新加坡人工智能战略AI.SG》**

新加坡国家研究基金会推出“国家人工智能核心”(AI.SG)计划，旨在充分结合新加坡政府、科研机构与产业界的力量，从而发展人工智能、促进其应用。根据“AI.SG”的倡议，计划5年内为新加坡的人工智能发展投资1.5亿美元。AI.SG将汇聚新加坡最负盛名的六个政府相关机构，即国家研究基金会、经济发展委员会、智能国家和数字政府办公室、信息通信和媒体发展局、医疗保健综合健康信息系统和新加坡创新机构，以提高新加坡人工智能的能力。

#### **（7）2017年7月，中国《新一代人工智能发展规划》**

2017年7月，中国国务院发布《新一代人工智能发展规划》，是中国在人工智能领域进行系统部署的第一份文件。《规划》指出到2030年，中国人工智能理论、技术与应用总体上要达到世界领先水平。

在《规划》提出的六大重点任务中，特别提出要在医疗领域发展便捷高效的智能服务，围绕医疗等方面的迫切民生需求，加快人工智能创新应用，使精准化智能服务更加丰富多样、社会智能化治理水平大幅提升。《规划》提出发展智能医疗：

“推广应用人工智能治疗新模式新手段，建立快速精准的智能医疗体系。探索智慧医院建设，开发人机协同的手术机器人、智能诊疗助手，研发柔性可穿戴、生物兼容的生理监测系统，研发人机协同临床智能诊疗方案，实现智能影像识别、病理分型和智能多学科会诊。基于人工智能开展大规模基因组识别、蛋白组学、代谢组学等研究和新药研发，推进医药监管智能化。加强流行病智能监测和防控”。

#### **（8）2017年10月，阿联酋《阿联酋人工智能战略》**

阿联酋是中东首个建立人工智能战略的国家，也是全球首个设立“人工智能部”的国家，其主要目标是利用人工智能提高政府的施政能力及办事效率。政府将在交通、卫生、可再生能源、太空、水、教育、技术、通信及环境9个部门进行人工智能技术投资。此举旨在降低整个政府的成本、实现经济多元化。

#### **（9）2017年10月，英国《在英国发展人工智能》**

英国政府发布了《在英国发展人工智能》的报告，分析在英国人工智能的应用现状、市场和政策扶持情况，并对数据、科技、研究和政策的开放程度与投入情况给出了建议。该报告就政府、科研机构、行业公司如何协调以助力人工智能在英国的发展列出了18项建议。

在医疗领域方面，报告指出发展人工智能医疗的三大潜力领域：辅助诊断领域、早期预防控制流行病并追踪其发病率领域和图像诊断领域。报告指出，现阶段人工智能不能替代人类医生，而是作为一种辅助工具帮助医生进行诊断与治疗，但同时也表示人类工作与人工智能之间的持续交互将提高诊断的效率与准确性，并认为未来人类会完全把任务交给人工智能系统自主操作完成。

#### **（10）2018年5月，英国《产业战略：人工智能领域行动》**

英国政府发布《产业战略：人工智能领域行动》，围绕人工智能“打造世界最创新的经济、为全民提供好工作和高收入、升级英国的基础设施、打造最佳的商业环境、建设遍布英国的繁荣社区”这五大目标制定了具体的行动措施，从而使英国保持其在人工智能行业的领先地位。

#### **（11）2018年3月，欧盟《人工智能时代：确定以人为本的欧洲战略》**

欧洲政治战略中心发布了《人工智能时代：确定以人为本的欧洲战略》，主要从以下几个方面介绍了欧洲人工智能的发展：全球人工智能研发投入和发展情况；欧洲的人工智能发展情况及与其他国家的对比，并进一步表示欧洲应该制定人工智能品牌的战略；提出人工智能发展过程中遇到的劳动者被替代的问题、以及人工智能偏见问题，并提出欧盟应该采取的应对策略。

#### **（12）2018年6月，印度《国家人工智能战略》**

印度政府发布《国家人工智能战略》，重点关注印度如何利用人工智能促进经济增长和加强社会包容力。撰写报告的政府智库NITI Aayog（改造印度国家研究院）称这种方法为“AI for All”，重点关注医疗、农业、教育、智慧城市和基础设施建设、智能通讯与交通这五大方面。

印度政府希望解决印度长期存在的医疗健康挑战，《国家人工智能战略》提出人工智能与机器人技术以及医疗物联网技术(IoMT)的结合可能会成为一种潜在的关键技术。《战略》意识到人工智能解决方案可以弥补人员的稀缺和实验室设施的不足，帮助克服访问障碍、解决可及性问题，比如通过早期发现、诊断、决策和治疗，



满足印度大部分地区的需求。于是，印度政府将癌症筛查和治疗作为人工智能大规模靶向治疗的领域，并且计划开发一个国家级的病理图像数据库。

### **(13) 2018年7月，韩国《人工智能研发战略》**

韩国《人工智能研发战略》涉及人才、技术和基础设施三个方面。在人才方面，信息通信技术振兴院预测，到2020年韩国人工智能硕士和博士级人力缺口将达到4500人，因此韩国计划在2022年之前新设六所人工智能研究生院，以培养1370名人工智能高级人才。同时，韩国政府计划在2022年之前投资约20亿美元，用于人工智能研究。政府还发布了应用人工智能的大型公共特色项目，比如急诊服务、新药开发和智能农场等。

### **(14) 2018年7月，德国《联邦政府人工智能战略要点》**

作为德国新政府总体规划人工智能技术发展的第一步，德国联邦经济和能源部、联邦教育和研发部以及联邦劳动和社会部共同起草《联邦政府人工智能战略要点》。文件表示，德国应当成为全球领先的人工智能科研场，尤其需要广泛而迅速地将研究成果转化为应用，并实现管理的现代化。

文件指出，德国应实现以下目标：为人工智能相关重点领域的研发和创新转化提供资助；优先为德国人工智能领域专家提高经济收益；同法国合作建设的人工智能竞争力中心要尽快完成并实现互联互通；设置专业门类的竞争力中心；加强人工智能基础设施建设等；支持德国人工智能研究中心(DFKI)及其实验室，由德国和欧盟机构以及工业合作伙伴提供资金。

## **2.2 世界各国人工智能国家战略分析**

综合来看，世界主要国家从2016年下半年纷纷开始对人工智能进行国家战略层面的布局。在此之前，人工智能受到的重视程度明显不足，没有直接以人工智能为核心的国家战略，多数与人工智能技术相关的政策主要集中于机器人等高新技术领域。

2016年3月，Google旗下的Deepmind开发的人工智能机器人AlphaGo对阵人类传奇棋手李世石并取得胜利，该事件成为人工智能领域的一个重要里程碑。至此，各国纷纷认识到人工智能的重大潜力，并从国家战略上给予高度重视，发布符合自身国情的人工智能国家战略。

美国作为第一大经济强国，对于人工智能的反应最为迅速，于2016年接连出台了《白宫为人工智能的未来做好准备的报告》、《美国国家人工智能研究和发​​展战略计划》两份重量级报告，不仅提出了要加速人工智能在医疗领域的发展，利用人工智能对并发症进行预测及预防、发展电子化病历、对医疗大数据进行分析挖掘等，还要在医学诊断等领域利用人工智能系统自动执行决策和进行医疗诊断。

中国作为世界第二大经济体，于2017年7月发布《新一代人工智能发展规划》，该《规划》提出中国人工智能在2020、2025、2030年的发展目标和六大重点任务，强调“1+N”的规划体系，聚焦人工智能基础理论和关键技术、以及人工智能和其他领域的交叉应用。其中，在建立智能社会里，特别提到要发展智能医疗，包括智能治疗模式、智能医疗体系、智能医疗机器人、智能可穿戴设备、智能诊断、智能多学科会诊、智能基因识别、智能医药监管、智能疾病预测等。

日本作为世界第三大经济体，其科技一直处于世界领先水平，于2017年3月发布《人工智能技术战略》，继续保持并扩大其在汽车、机器人等领域的技术优势。而在医疗领域方面，由于日本面临严重的人口老龄化问题，因此日本将医疗健康和护理作为人工智能的突破口，基于医疗、护理系统的大数据化，旨在建成以人工智能为依托的、世界一流的医疗与护理先进国家。基于先进的预防医学，日本以实现80岁以上高龄者健康工作及有效降低社保负担为目标，构筑以健康关怀为主的健康长寿产业大国。

欧盟高度重视人工智能发展，并提出了《人工智能时代：确定以人为本的欧洲战略》。法国、英国、德国等欧洲国家纷纷制定了国家层面的人工智能战略。

英国政府分别于2017年10月和2018年5月出台《在英国发展人工智能》和《产业战略：人工智能领域行动》。英国具有全球一流的人工智能公司，活跃的学术研究文化氛围，生机勃勃的创业生态系统以及法律、伦理、金融和语言学等方面的能力，为其发展人工智能创造了独一无二的条件。此外英国还强调了人工智能在医疗领域的三大发展方向——辅助诊断、早期预防控制流行病并追踪其发病率和图像诊断。

法国政府于2017年7月发布《法国人工智能战略》，将医疗健康作为要优先发展人工智能的四个领域之一，并决定在国家健康数据研究所的基础上，法国要成立真正的“卫生健康数据中心”，该数据中心包括医保报销数据、临床数据和科研数据并最终开放这些数据。

德国作为制造强国，于2018年7月发布《联邦政府人工智能战略要点》，力争成为全球领先的人工智能科研场，对于医疗领域尚未做具体指导。

印度作为第三世界的领袖国家，科学技术发展非常迅速，但对于人工智能战略布局稍显落后，印度于2018年6月才出台《国家人工智能战略》。而在医疗领域，由于印度是世界上医疗费用最高的国家之一，因此印度政府将癌症筛查和治疗作为人工智能大规模靶向治疗的领域和方向，并且计划开发一个国家级的病理图像数据库。

此外，还有一些国家的人工智能战略布局也较为迅速。

加拿大于2017年3月提出的《泛加拿大人工智能战略》聚焦经济、伦理、政策和法律研究

新加坡于2017年5月推出了《新加坡人工智能战略AI.SG》，聚焦于新加坡最负盛名的六个政府相关机构，其中医疗保健综合健康信息系统(IHiS, Integrated Health Information Systems)是与医疗关系最紧密的政府相关机构。

阿联酋于2017年10月发布的《阿联酋人工智能战略》侧重于运用人工智能增强政府的施政能力及效率。

韩国于2018年7月发布的《人工智能研发战略》，重点关注人才、技术和基础设施。

.....

纵观世界各国在人工智能上的战略政策布局，不难发现拥有人工智能技术或在应用领域具有优势的国家均快速作出反应，并基于自身国情制定出相应的人工智能战略。未来国际人工智能战略的发展，尤其是在医疗领域，医学影像、辅助诊断、健康管理、药物研发、疾病预测等是重要的应用发展方向。

## 2.3 中国人工智能医疗相关政策汇总

我国人工智能政策的颁布紧跟世界领先国家，国家层面进行宏观指导，省市级层面积极响应落地。

### 2.3.1 国家层面

表2：中国国家层面人工智能医疗政策

2015年5月 国务院	《中国制造2025》	加快推动新一代信息技术与制造技术融合发展，把智能制造作为两化深度融合的主攻方向；着力发展智能装备和智能产品，推进生产过程智能化，培育新型生产方式，全面提升企业研发、生产、管理和服务的智能化水平。
2015年7月 国务院	《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》	将人工智能作为“互联网+”的十一个重点布局领域之一。
2016年3月 全国人大	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》	重点突破大数据和云计算关键技术、自主可控操作系统、高端工业和大型管理软件、新兴领域人工智能技术。人工智能写入“十三五”规划纲要。
2016年5月 发改委	《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》	培育发展人工智能新兴产业，着力突破若干人工智能关键核心技术。
2016年6月 国务院	《关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的指导意见》	将健康医疗大数据应用发展纳入国家大数据战略布局。
2016年8月 国务院	《“十三五”国家科技创新规划》	提出“重点发展大数据驱动的人工智能技术方法”。
2016年9月 工信部/发改委	《智能硬件产业创新发展专项行动(2016-2018年)》	重点发展智能穿戴设备、智能车载设备、智能医疗健康设备、智能服务机器人、工业级智能硬件设备等。
2016年11月 国务院	《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》	发展人工智能。培育人工智能产业生态，促进人工智能在经济社会重点领域的推广与应用；具体包括：加快人工智能支撑体系建设、推动人工智能技术在各领域如健康医疗的应用等。
2017年1月 国家卫生计生委	《“十三五”全国人口健康信息化发展规划》	到2020年，基本建成统一权威、互联互通的人口健康信息平台。
2017年3月 国务院	2017年政府工作报告	加快培育壮大新兴产业，加快新材料、新能源、人工智能、集成电路、生物制药、第五代移动通信等技术研发和转化。大力改造提升传统产业，加快大数据、云计算、物联网应用，把发展智能制造作为主攻方向。

2017年7月 国务院	《新一代人工智能发展规划》	我国在人工智能领域展开系统部署的第一份文件，提出了“三步走”战略，到2020年，人工智能核心产业规模超过1500亿元，带动相关产业规模超过1万亿元；到2030年抢占全球人工智能制高点。
2017年10月 /	十九大报告	人工智能写入十九大报告，加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合。
2017年12月 工信部	《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018-2020年)》	促进人工智能产业发展、提升制造业智能化水平，推动人工智能和实体经济深度融合。
2018年3月 国务院	2018年政府工作报告	开展大数据发展行动，加强新一代人工智能研发应用，在医疗、养老、教育、文化、体育等多领域推进“互联网+”。
2018年5月 国务院	《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》	明确了支持“互联网+医疗健康”发展的鲜明态度，确定发展“互联网+医疗健康”措施，强调加快发展“互联网+医疗健康”。

### 2.3.2 省级层面

表3：中国省级层面人工智能医疗政策

贵州省	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2016年2月 《贵州省“互联网+”人工智能专项行动计划》 深入推进互联网与我省机器人、智能家居、智能终端、智能监控、智能医疗等领域的深度融合，加快人工智能核心技术突破，进一步培育发展人工智能新兴产业，推进重点领域智能产品创新。</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2017年9月 《智能贵州发展规划(2017-2020年)》 到2020年，全省两化融合发展总指数达到75，在经济社会各领域开展100个智能化应用示范项目，引入或培育10家大数据或人工智能独角兽企业。</li> </ul>
重庆市	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2016年11月 《重庆人工智能专项》 重庆启动一批重大主题专项，每个专项投入财政科研奖金100-1000万元，总投入10亿元以上，吸引社会资本和金融资本100亿元以上，吸引核心企业、高校、园区等创新实体投入1000亿元以上。</li> </ul>
北京市	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2017年9月 《中关村国家自主创新示范区人工智能产业培育行动计划(2017-2020年)》 到2020年，人工智能企业数量超过500家，培育5家以上具有国际影响力的领军企业，50家以上细分领域龙头企业，产业规模超过500亿元，对相关产业带动规模超过五千亿元……</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2017年12月 《北京市加快科技创新培育人工智能产业的指导意见》 到2020年，新一代人工智能总体技术和应用达到世界先进水平，部分关键技术达到世界领先水平，形成若干重大原创基础理论和前沿技术标志性成果。</li> </ul>
江西省	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 2017年10月 《关于加快推进人工智能和智能制造发展的若干措施》 确立了江西人工智能产业发展的主攻方向为智能产品、智能制造装备、生物医药等人工智能和智能装备应用、人工智能和智能制造服务。</li> </ul>



- | 上海市** • 2017年11月 《关于本市推动新一代人工智能发展的实施意见》  
到2020年, 打造6个左右人工智能创新应用示范区, 形成60个左右人工智能深度应用场景, 建设100个以上人工智能应用示范项目……人工智能重点产业规模超过1000亿元。

---

• 2018年9月 《关于加快推进上海人工智能高质量发展的实施办法》  
从加快人工智能人才队伍建设、深化数据资源开放和应用、深化人工智能产业协同创新、推动产业布局和集聚、加大政府引导和投融资支持力度等5个方面推出22条具体举措。
- | 天津市** • 2017年12月 《天津市加快推进智能科技产业发展总体行动计划》  
《天津市智能医疗与健康专项行动计划》  
到2020年, 实施100项试点示范工程, 智能科技产业规模达到1000亿元。  
到2020年, 基本建成适应需求的智慧医疗与健康服务体系, 建成全市医疗、医保、医药“三医一体化”大健康信息共享平台, 基本实现全民健康信息化六大应用, 智能医疗与健康服务和业务应用覆盖全市公立医疗卫生机构; 建设一批效果突出、可推广的智慧医疗与健康服务试点项目; 建设一批与智能医疗与健康产业联系紧密、支撑效果显著的重点项目。

---

• 2018年10月 《天津市新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018—2020年)》  
到2020年, 本市人工智能产业总体水平位居全国前列, 人工智能核心产业规模达到150亿元, 带动相关产业规模达到1300亿元。
- | 浙江省** • 2017年12月 《浙江省新一代人工智能发展规划》  
培育20家国内有影响力的人工智能领军企业, 实现人工智能核心产业规模500亿元以上, 带动相关产业规模5000亿元以上。
- | 辽宁省** • 2017年12月 《辽宁省新一代人工智能发展规划》  
到2020年, 人工智能技术与应用在部分领域达到国内领先水平, 人工智能核心产业规模超过60亿元, 带动相关产业规模超过400亿元。
- | 吉林省** • 2017年12月 《关于落实新一代人工智能发展规划的实施意见》  
到2020年, 人工智能核心产业规模达到50亿元, 带动相关产业规模达到400亿元。
- | 河北省** • 2018年2月 《河北省战略性新兴产业发展三年行动计划》  
到2020年, 产业规模不断壮大, 全省人工智能与智能装备产业主营业务收入达到1000亿元。
- | 黑龙江省** • 2018年2月 《黑龙江省人工智能产业三年专项行动计划(2018—2020年)》  
到2020年, 培育10个以上人工智能创新团队, 建设3—5个人工智能创新平台。全省人工智能产业规模达到50亿元。
- | 福建省** • 2018年3月 《推动新一代人工智能加快发展的实施意见》  
到2020年, 培育50家以上国内有影响的人工智能“双高”企业, 带动相关产业规模超过1000亿元, 为我省产业创新转型提供智能支撑。
- | 河南省** • 2018年4月 《河南省智能制造和工业互联网发展三年行动计划(2018—2020年)》  
到2020年, 以高档数控机床、工业机器人、智能传感器、智能物流与仓储装备等为代表的智能装备产业规模突破3000亿元, 软件和信息技术服务收入突破1500亿元。
- | 广西壮族自治区** • 2018年4月 《关于贯彻落实新一代人工智能发展规划的实施意见》  
到2020年, 产业规模超过30亿元, 带动相关产业规模达到200亿元。
- | 江苏省** • 2018年5月 《江苏省新一代人工智能产业发展实施意见》  
到2020年, 培育5家国内领先的龙头骨干企业, 发挥龙头企业带动效应, 人工智能相关产业的规模超过1000亿元。

- | 安徽省 • 2018年5月 《安徽省新一代人工智能产业发展规划(2018—2030年)》  
到2020年，人工智能产业规模超过150亿元，带动相关产业规模达到1000亿元。
- | 广东省 • 2018年8月 《广东省新一代人工智能发展规划》  
到2020年，人工智能核心产业规模突破500亿元，带动相关产业规模达到3000亿元
- | 甘肃省 • 2018年8月 《甘肃省新一代人工智能发展实施方案》  
到2020年，新一代人工智能创新体系初步建成。建立新一代人工智能基础理论和关键共性技术研发体系，布局建设人工智能科技创新基地，组建人工智能专业技术团队，建立各创新主体间协同互动机制，持续创新能力基本形成。
- | 四川省 • 2018年9月 《四川省新一代人工智能发展实施方案》  
到2020年，培育10家国内有影响力的人工智能企业，形成人工智能核心产业规模超500亿元，带动相关产业规模3000亿元以上。

### 2.3.3 市级层面

2018年7月，工业和信息化部直属的中国电子信息产业发展研究院旗下的研究机构赛迪顾问发布“中国人工智能城市十五强”榜单，排名前五位的分别是北京、上海、杭州、深圳和合肥。此外，上榜的城市还有：广州、重庆、苏州、武汉、南京、成都、西安、天津、厦门、沈阳。

表4：2018中国人工智能城市十五强排行榜

排名	城市	总得分	从业人数全国占比	2017年投融资额	2017年投融资额全国占比排名
1	北京	9.2	27.9%	271.5亿元	52.2%
2	上海	8.1	12.1%	155.8亿元	30.0%
3	杭州	7.4	6.5%	9.2亿元	1.8%
4	深圳	7.2	8.5%	27.5亿元	5.3%
5	合肥	7.2	0.8%	4.5亿元	0.9%
6	广州	7.1	3.9%	23.5亿元	4.5%
7	重庆	7.0	1.2%	1.8亿元	0.3%
8	苏州	6.8	1.5%	1.9亿元	0.4%
9	武汉	6.7	2.0%	3.5亿元	0.7%
10	南京	6.3	2.5%	2.6亿元	0.5%
11	成都	5.9	3.4%	10.1亿元	1.9%
12	西安	5.9	1.8%	1.5亿元	0.3%
13	天津	5.7	1.0%	2.4亿元	0.5%
14	厦门	5.5	0.9%	10.5亿元	2.0%
15	沈阳	4.9	0.7%	0.8亿元	0.2%

表5：中国市级层面人工智能医疗政策

北京	<ul style="list-style-type: none"> <li>2016年 2月 中关村科技园区管理委员会 《中关村国家自主创新示范区人工智能产业培育行动计划(2017-2020年)》 到2020年，产业规模超过500亿元，对相关产业带动规模超过五千亿元。</li> <li>2017年 12月 中共北京市委、北京市人民政府 《北京市加快科技创新培育人工智能产业的指导意见》 到2020年，新一代人工智能总体技术和应用达到世界先进水平，部分关键技术达到世界领先水平，形成若干重大原创基础理论和前沿技术标志性成果。</li> </ul>
上海	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017年 11月 上海市人民政府 《关于本市推动新一代人工智能发展的实施意见》 到2020年，人工智能重点产业规模超过1000亿元。利用认知计算和深度学习技术，提升诊疗辅助、健康管理和养老照护等服务能力。加强自主智能医疗机器人和医疗设备等在辅助病症诊断、影像分析、手术诊疗、精准医疗中的推广应用，促进医疗服务精准化。基于大数据挖掘和分析，加强流行病预测与防控、体质监测、慢病管理和疾病筛查，增强公共卫生普惠性。推动智能陪护机器人、智能健康设备等广泛应用，提升养老服务感受度。</li> <li>2018年 9月 上海市人民政府 《关于加快推进上海人工智能高质量发展的实施办法》 从加快人工智能人才队伍建设、深化数据资源开放和应用、深化人工智能产业协同创新、推动产业布局和集聚、加大政府引导和投融资支持力度等5个方面推出22条具体举措。</li> </ul>
杭州	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017年 2月 杭州市人民政府 《杭州市科技创新“十三五”规划》 推进重点领域的关键技术研发。重点围绕新一代信息技术、先进装备制造、新能源汽车及汽车智能技术、新材料、节能环保、生物医药和医疗器械等7大领域，对人工智能、量子通信、增材制造、新型显示、虚拟现实等前沿领域予以重点支持。</li> </ul>
深圳	<ul style="list-style-type: none"> <li>2015年 8月 深圳市人民政府 《深圳市“互联网+”行动计划》 促进人工智能广泛应用……推进计算机视觉、智能语音处理、生物特征识别、自然语言理解、智能决策控制以及新型人机交互等关键技术的研发和产业化；促进人工智能在智能家居、智能终端、智能汽车、机器人等领域的推广应用，为产业智能化升级夯实基础。</li> </ul>
合肥	<ul style="list-style-type: none"> <li>2017年 12月 安徽省人民政府 《中国(合肥)智能语音及人工智能产业基地(中国声谷)发展规划(2018—2025年)》 到2020年，智能语音及人工智能互联网产品用户达到12亿户，“中国声谷”企业营业收入达到1000亿元，年均增长40%。 在智能医疗方面，要大力推动以医嘱转录、语音健康咨询、语音问诊为核心的移动医疗服务体系落地。推广应用人工智能医学影像辅助诊断系统等新模式新手段，建立快速精准的智能医疗体系。推进智慧医院建设，推进医药监管智能化，加强流行病智能监测和防控。加快合肥医疗大数据中心建设。</li> <li>2018年 12月 合肥市人民政府 《合肥市关于加快人工智能产业发展的实施意见(征求意见稿)》 到2030年，将形成较为完备的人工智能产业链和高端产业群，产业规模和总体竞争力处于国内先进城市第一方阵，智能社会、智慧城市建设形成全国示范，成为国内外具有重要影响力的新一代人工智能发展高地。</li> </ul>



广州	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2018年 3月 广州市人民政府 《广州市加快IAB产业发展五年行动计划(2018-2022年)》 全面部署未来五年IAB产业(新一代信息技术、人工智能、生物医药)的发展,到2022年,新一代信息技术、人工智能、生物医药产业规模分别超7000亿元、1200亿元、1800亿元。</li> </ul>
重庆	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2016年 11月 重庆市人民政府 《重庆人工智能专项》 启动一批重大主题专项,每个专项投入财政科研奖金100-1000万元,总投入10亿元以上,吸引社会资本和金融资本100亿元以上,吸引核心企业、高校、园区等创新实体投入1000亿元以上。</li> </ul>
苏州	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2017年 3月 苏州工业园区管理委员会 《苏州工业园区人工智能产业发展行动计划(2017-2020)》 到2020年,建成5个以上人工智能相关特色产业园、孵化基地和创新平台,设立百亿级人工智能产业发展基金,力争培育2-3家十亿级、1-2家百亿级人工智能龙头企业。</li> </ul>
武汉	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2017年 11月 武汉东湖高新区 《东湖高新区人工智能产业规划》 到2020年,东湖高新区人工智能核心产业规模达100亿元人民币,带动相关产业规模超过500亿元。</li> </ul>
南京	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2017年 12月 南京市人民政府 《南京市关于加快人工智能产业发展的实施意见》 到2020年,全市人工智能核心产业产值突破100亿元,带动相关产业规模1000亿元。支持人工智能企业与医疗机构合作,开发医疗影像、远程问诊、药物挖掘、医疗数据等智能医疗应用场景,开发人机协同的手术机器人、智能诊疗助手,深化人机协同临床智能诊疗方案,实现智能影像识别、病理分型和智能多学科会诊。开放精准定制、远程推送的人工智能教育应用场景服务,支持互联网企业开发智能教育助理,开展智能校园建设,开发立体综合教学场、智能在线学习教育平台,推动人工智能在教学、管理、资源建设等全流程应用。</li> </ul>
成都	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2018年 5月 成都市人民政府 《关于推动新一代人工智能发展的实施意见》 到2020年,人工智能总体技术和应用与国内外先进水平同步,人工智能创新生态基本形成,新一代人工智能理论和技术取得进展,人工智能产业初具规模并成为重要经济增长点,人工智能技术应用成为改善民生、提升社会治理水平的新途径。 在“人工智能+健康医疗”工程方面,该意见提出要加强可穿戴设备和系统在康复医疗、生理数据采集等场景中的推广应用。推动情感机器人等在就医咨询、养老照护等场景中实现应用。大力推进辅助诊疗核心技术研发,提高基于深度学习技术辅助诊疗应用的准确度,鼓励开发建设医疗云平台。支持医疗人工智能技术在我市医疗机构应用,鼓励院校和企业与医疗机构围绕“智慧医院”共同开展应用研究和项目推广,推进第三方AI诊断中心有序发展。</li> </ul>
西安	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2018年 3月 西安市人民政府 《西安市人工智能产业规划(2018年-2021年)》编制中</li> </ul>

<p>天津</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li> <p>2017年 天津市人民政府 12月 《天津市加快推进智能科技产业发展总体行动计划》 《天津市智能医疗与健康专项行动计划》</p> <p>到2020年，实施100项试点示范工程，智能科技产业规模达到1000亿元。 到2020年，基本建成适应需求的智慧医疗与健康服务体系，建成全市医疗、医保、医药“三医一体化”大健康信息共享平台，基本实现全民健康信息化六大应用，智能医疗与健康服务和业务应用覆盖全市公立医疗卫生机构。</p> </li> <li> <p>2018年 天津市人民政府 10月 《天津市新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018—2020年)》</p> <p>到2020年，本市人工智能产业总体水平位居全国前列，人工智能核心产业规模达到150亿元，带动相关产业规模达到1300亿元。 到2020年，基本建成适应需求的智慧医疗与健康服务体系，建成全市医疗、医保、医药“三医一体化”大健康信息共享平台，基本实现全民健康信息化六大应用，智能医疗与健康服务和业务应用覆盖全市公立医疗卫生机构。</p> </li> </ul>
<p>厦门</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li> <p>2018年 厦门市人民政府办公厅 12月 《厦门市推动新一代人工智能产业发展若干措施》</p> <p>培育厦门人工智能创新能力，提升人工智能产业要素供给能力，快速落地人工智能实际应用，全面推动人工智能产业发展。</p> </li> <li> <p>2018年 厦门市经济和信息化局 12月 厦门市新一代人工智能产业发展行动计划（2019-2021）</p> <p>到2021年，培育5家以上人工智能细分领域龙头企业，产业规模超过100亿元，协同带动相关产业规模超过1000亿元。</p> </li> </ul>
<p>沈阳</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li> <p>2018年 沈阳市人民政府 5月 《沈阳市新一代人工智能发展规划(2018-2030年)》</p> <p>到2020年，人工智能核心产业产值达到30亿元，相关产业产值达到200亿元。 在智能医疗与健康服务产业方面，该规划提出通过运用人工智能技术对医疗案例和经验数据进行深度学习和决策判断，显著提高医疗机构和人员的工作效率，大幅降低医疗成本，建立快速精准的智能医疗、健康服务体系，推进可穿戴设备研发及产业化力度，将智能医疗与健康服务产业打造成沈阳的高成长性新兴产业。</p> </li> </ul>

## 2.4 中国人工智能医疗相关政策分析

人类社会文明史上共经历了四次工业革命，中国曾与前两次工业革命失之交臂。第一次蒸汽技术工业革命（1760-1840年），中国在被动中开启了近代化历程；第二次电力技术工业革命（1840-1950年），由于当时面临空前的民族危机，中国丧失了追赶世界科技潮流的重要机遇；第三次计算机及信息技术工业革命（1950-21世纪），中国以追随者的角色在科学技术领域探索出了卓越的成就，并紧紧抓住了第三次科技革命的良好机遇，经过改革开放近40年的飞速发展，成为了仅次于美国的世界第二大经济体。如今，面对以人工智能为主导的第四次工业革命（21世纪-），中国从国家战略层面的宏观规划，再到各省、市级的具体蓝图，显示了中国要做人工智能行业的引领者的决心。对人工智能产业来说，2016年和2017年是国家层面上的政策年，2017年和2018年是省市地方层面的政策年。

在国家层面，2015年5月国务院出台的《中国制造2025》里首次提及智能制造，2016年3月人工智能概念首次进入“十三五”重大工程，2017年3月“人工智能”首次被写入政府工作报告。2017年7月国务院发布了首份以人工智能为核心规划的《新一代人工智能发展规划》，明确中国人工智能“三步走”的战略目标（2020年、2025年、2030年），提出到2030年使中国人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平，成为世界主要人工智能创新中心，并且该规划具体地指导了人工智能在各领域的深度应用。2017年12月，工信部发布《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划(2018-2020年)》，具体指导了中国未来三年人工智能产业发展的方向……对比世界其他国家人工智能国家战略的发布情况，可以看出中国国家层面人工智能政策的出台迅速而密集，集中在2016和2017年，中国对人工智能的反应和战略层面的高度指导，走在了世界前列。

而在国家层面人工智能医疗政策方面，除了将医疗列入相关人工智能战略重要应用领域，在医疗领域里国家也一直在推动人工智能医疗领域的发展，尤其在近三年相继发布关于健康医疗大数据、全国人口健康信息化、互联网医疗等政策，极大地促进了医疗大数据的快速发展，为人工智能在医疗领域的发展奠定了良好基础。

在省级层面，截至2018年12月底，全国31省市中已有19个发布了人工智能规划，其中有16个制定了具体的产业规模发展目标。这16个省市2020年的核心产业

规模目标达到近4000亿，远远超过国家层面制定的目标1500亿。产业规模目标排名前五的省市分别为上海市、北京市、浙江省、广东省和四川省。

表6：2020年16省市人工智能产业规模目标汇总（单位：亿元）

排名	城市	核心产业规模	相关产业规模
1	全国	1500 	10000 
2	上海市	1000 	/
3	北京市	500 	5000 
4	浙江省	500 	5000 
5	广东省	500 	3000 
6	四川省	500 	3000 
7	河南省	/	3000 
8	江苏省	/	1000 
9	河北省	200 	1000 
10	福建省	200 	1000 
11	天津市	150 	1300 
12	安徽省	150 	1000 
13	湖北省	100 	500 
14	辽宁省	60 	400 
15	吉林省	50 	400 
16	黑龙江省	50 	400 
17	广西壮族自治区	30 	200 

北京市中关村  
人工智能规划  
目标

武汉市东湖高  
新区人工智能  
规划目标

在市级层面，从投资力度和人工智能公司数量上看，北京在全国遥遥领先。在政策层面，北京、上海、南京、成都、天津、沈阳均推出市级的人工智能专项规划，西安等市政府也在积极牵头制定人工智能实施方案，其他城市或在区一级层面制定人工智能相关政策，或在其他文件中多次重点关注人工智能。

总结来看，中国城市层面人工智能发展趋势如下：

**趋势一：北京、上海、杭州、深圳为一线人工智能城市。**这四个城市在学术实力、科技实力、经济资本、政策层面具有先天优势，因而能快速地对人工智能大潮并作出反应，其创新创业的高度、速度和广度均遥遥领先于其他城市。但是，广州作为传统一线的城市，在人工智能层面，由于不像北上广深四地拥有科技巨头企业和众多初创企业，人工智能实力相对落后。

**趋势二：其他城市处于人工智能发展的初级阶段。**其他城市与北上杭深相比，尽管在学术、科技、经济、政策层面或多或少有所欠缺，但仍有机会快速发展人工智能，从而在传统产业进行转型升级时能给市场注入新的活力，尤其是在新一线和二线人工智能城市，由于试验环境更为宽松、招商引资更为优渥，因此能吸引人工智能公司在当地布局。

**趋势三：对于一线人工智能城市来说，BAT这类科技巨头非常重要，能起到行业示范带动作用，凝聚一批人工智能初创企业；而对于新一线和二线人工智能城市来说，积极的政策和具有当地特色的产业十分重要。**在政策方面，积极布局人工智能产业园区、招商引资、完善基建，搭建人工智能相关产业生态。而在当地特色产业方面，若能找到与人工智能合适的结合点，则在城市提升人工智能实力方面提供了捷径。如合肥依靠科大讯飞公司以及中国科技大学，在当地打造智能语音产业集群，致力于成为“中国声谷”。此外，苏州制造业基础良好，有利于发展智能制造；沈阳的机器人产业实力位居全国前列，可发展智能机器人。总的来说，如果能找到人工智能与传统行业的结合点，能更快地促进其在该领域的落地。



### 3. 人工智能医疗行业现状

我国医疗领域存在四大痛点：医疗资源不足，医生培养周期长，医疗成本高，医生误诊率偏高。

**痛点一：医疗资源不足。**中国每千人执业医生数仅为2.2，医生密度低造成医院无法满足患者持高不减的需求，引发就医难、看病贵等社会问题。而欧洲、美国发达国家每千人执业医生数为4，我国与国外发达国家相比存在一定差距。此外，我国医疗资源地域分布不均衡，医疗资源与经济发展水平高度相关。在东部沿海省份，医生密度较高；在内地尤其是西北等地区，医疗设备不足、医生密度偏小。值得注意的是，医疗较先进的地区也存在着优质医生资源短缺的情况。如果引入人工智能技术，则可以减少不必要的人工时间消耗，弥补医疗行业医生空缺，提高医院治疗效率。

**痛点二：医疗成本高。**近年来随着国民经济的发展，我国居民可支配收入水平持续上升，公众的健康意识也在不断增强，使得我国居民对医疗服务的需求也不断上升。2017年我国卫生总费用增速达13%，远远超过GDP的同期增速。但是我国医疗资源配置不合理、利用效率低、医疗成本高，这些问题给政府带来了沉重负担。人工智能技术的引入能够帮助医生制定更加合理有效的医疗方案，减少不合理的支出。

**痛点三：医生培养周期长。**我国独立上岗医生培训周期长达8年，在极大的人力物力支出的限制下，医生数量难以满足急剧增长的医疗需求。不仅如此，每年都有大量医学论文发表，医生学习时间和学习速度有限，很难在短时间内消化并吸收所有相关的新医疗技术。在这方面人工智能的训练时间远小于医生培养周期，最新数据表明，IBM Watson可以在17秒内阅读3469本医学专著、248000篇论文、106000份临床报告、61540次试验数据和69种治疗方案。因此，引入人工智能技术可以在短时间内学习新的医疗方法并在实践中应用，一定程度上能弥补由于培养周期长而造成的医生空缺。

**痛点四：误诊率偏高。**受知识、情绪、偏见、诊疗手段等主客观因素影响，人工诊断存在相当高的误诊率。全美首诊误诊率超过30%，中国基层医疗的误诊率至少在50%以上。引入人工智能技术，人工智能可以查询并记忆海量的医疗数据、文献，辅助医生诊断治疗，提高准确率。

## 3.1 AI医学影像

AI医学影像，是指将人工智能技术具体应用在医学影像的诊断上。AI医学影像被业内人士认为是最有可能率先实现商业化的人工智能医疗领域。

### 3.1.1 行业痛点

目前国内医学影像领域存在不少痛点亟需解决，其中一些痛点是人工智能可以着力发展的方向。

**痛点一：医学影像领域专业医生缺口巨大。**目前我国医学影像数据的增长速度非常快，年增长率达到30%。然而放射科医生的数量增长缓慢，年增长率仅为4%左右，两者增长率差距对比巨大。此外，我国大量缺乏病理医生（我国平均七万人一位病理医生，美国平均两千人一位病理医生）。而计算机的高效性与大数据容量使人工智能能够快速学习识别不同的病症图像，处理不同的图像种类，快速培养影像诊断能力。

**痛点二：医学影像误诊漏诊率偏高。**我国医学专业人员数量的不足及繁重的工作都是导致误诊漏诊率偏高的原因。医学专业人员缺口情况上文已述，此外繁重的工作也进一步加剧了医学专业人员工作的出错率。以肺结节检测为例，一家三甲医院平均每天接待200名肺结节筛查患者，每位患者平均产生200到300张CT影像，即射科医生平均每天需要阅读的CT影像为4万至6万张。如此沉重的工作负担使得医生易于疲劳，因此误诊漏诊率上升。根据中国医学会的一份误诊数据资料显示，中国临床医疗总误诊率为27.8%，其中恶性肿瘤平均误诊率为40%，器官异位误诊率为60%，如胰腺癌、白血病、鼻咽癌等，肺结核、胃结核等肺外结核的平均误诊率也在40%以上，这些误诊主要发生在基层医疗机构。人工智能客观学习大量数据，进行24小时无疲劳诊断，能够显著降低误诊率。

**痛点三：医学影像诊断速度有限。**影像科医生读片速度有限，并且放疗科医生靶区勾画（一次勾画通常有约200到450张CT片）速度有限，耗费时间较长。以CT图像为例，每个肿瘤病人的CT图像约为200张，医生在勾画的时候，需要对每张图片上的器官、肿瘤位置进行标注，这个过程如果按照传统的方法要耗费医生3至5个小时的时间。找到肿瘤位置后，医生还需要根据肿瘤的大小、形状等设计放射线的具体照射方案或者手术方案，这些方案必须考虑不同位置的不同放射剂量，因

此医学影像诊断速度极为受限。相比于传统模式，人工智能可以大批量快速地处理图像数据。只要计算能力充足，人工智能便可以一次性处理大量图像数据。

表7：人工阅片与人工智能阅片对比

人工阅片	比较内容	人工智能阅片
医师逐张查看，凭借经验进行判断	阅片方式	机器完成初步筛选、判断，交由医师完成最后判断
长,医师查看一套 PET 影像需要10 分钟以上的时间	阅片时间	短，人工智能能够快速完成初筛
个体差异较大，阅片依靠个人经验，且长时间阅片易疲劳影响准确率	准确率	一张图片医生会根据经验挑重点区域观察，而机器可以完整地观察整张切片
主观性无法避免	客观性	较为客观
知识遗忘	记忆力	无遗忘
较少信息输入即可快速建模	建模条件	建模需要更多的信息输入
信息利用度低	信息利用度	信息利用度高
重复性低	重复性	重复性高
定量分析难度高	定量分析难度	定量分析难度低
知识经验传承困难	经验传承	知识经验传承高
耗时、成本高	成本	省时、成本低

患者、医师和医院均会受益于人工智能在医学影像领域的应用。

对于患者来说，“AI医学影像”将帮助其更快速地完成健康检查，包括X光、B超、核磁共振等，并且能够获得更加可靠的诊断结果。

对于放射科医师来说，人工智能技术的应用将减少其阅片的时间，大幅提高工作效率，并降低误诊可能性。

对于医院来说，可以实现云平台支持，系统性地降低医院成本，特别是对基层医院而言，以往基层医院提供的影像诊疗质量较低或者无法提供，现在通过较高水平的影像服务有助于整体诊疗水平的大幅提升。



### 3.1.2 发展优势

在国内，人工智能在医疗领域应用最广的场景就是AI医学影像，这是由以下几个优势决定的。

**优势一：医疗影像数据庞大。**图像识别本身的算法门槛较低且研究充分，在其他领域都有所运用，可以较为方便地迁移到医疗影像的处理上。其次，超过90%的医疗数据来自于医学影像，这些图片数据结构简单，便于用作机器学习的素材，具有深度挖掘与研究的价值。根据IDC Digital的预测，截至2020年医疗数据量将达到40万亿GB，是2010年的30倍，2015年至2020年复合增长率为35.99%。

**优势二：算力算法大数据快速迭代，智能图像诊断算法相对成熟。**医学影像数据以图像为主，因此基于深度学习的图像识别技术能得到很好地发挥作用。在数据量和计算量的驱动下，卷积神经网络(CNN)和深度神经网络(DNN)等深度学习算法在图像识别上发生了质的飞跃，遥遥领先于传统的图像识别方法。

**优势三：国家政策大力支持。**2013至2017年，政府各部门出台多项政策，不断加大对国产医学影像设备、第三方独立医学影像诊断中心、远程医疗等领域的支持力度。2016年末，国务院印发了《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》，其中多次提及医学影像，指出要“发展高品质医学影像设备”、“支持企业、医疗机构、研究机构等联合建设第三方影像中心”。2017年1月，国家发改委把医学影像设备及服务列入《战略性新兴产业重点产品和服务指导目录》。2017年11月15日，科技部在北京举行“新一代人工智能发展规划暨重大科技项目启动会”。据人民网报道，科技部高新司司长秦勇宣布了首批国家新一代人工智能开放创新平台名单，腾讯公司自建的“腾讯觅影”入选成为医疗影像国家新一代人工智能开放创新平台。

**优势四：资本大量入场。**2017年，医疗人工智能行业对外公布的融资事件一共有27件，如果算上几家没有公布消息的公司，2017年该领域融资总额超过17亿人民币。这些企业中，推想科技、深睿医疗、图玛深维一年内获得两次融资，而且最新一轮融资金额都超过了1亿，极大地推动了AI医学影像行业的发展。

### 3.1.3 应用场景

人工智能在图像处理上的能力分为四类：影像分类、目标检测、图像分割和图像检索。



图1：人工智能参与医学影像诊断的方式

人工智能和医学影像的结合，能够为医生阅片和勾画提供辅助和参考，大大节约医生时间，提高诊断、放疗及手术的精度。“医学影像”应用场景下，主要运用人工智能技术解决以下三种需求：

病灶识别与标注的需求，即需要AI医学影像产品针对医学影像进行图像分割、特征提取、定量分析、对比分析等工作。针对这种需求，X线、CT、核磁共振等医学影像的病灶自动识别与标注系统，可以大幅提升影像医生诊断效率。现在AI医学影像系统可以在几秒内快速完成对十万张以上的影像的处理，同时可以提高诊断准确率，尤其是降低了诊断结果的假阴性概率。

靶区自动勾画与自适应放疗的需求，即需要AI医学影像产品针对肿瘤放疗环节的影像进行处理。针对这种需求，靶区自动勾画及自适应放疗产品能够帮助放疗科医生对200到450张CT片进行自动勾画，时间大大缩短到30分钟一套，并且在患者15到20次上机照射过程中不断识别病灶位置变化以达到自适应放疗，可以有效减少射线对病人健康组织的伤害。

影像三维重建的需求，即针对手术环节需要AI医学影像产品在人工智能进行识别的基础上进行三维重建。针对这种需求，人工智能可以基于灰度统计量的配准算

法和基于特征点的配准算法，解决断层图像配准问题，节省配准时间，提高配准效率。

### 3.1.4 行业现状

#### 3.1.4.1 医学影像行业的市场规模

根据Global Market Insight的数据报告，从应用划分的角度来说，人工智能医学影像市场作为人工智能医疗应用领域第二大细分市场（全球人工智能医疗市场中，第一大细分市场为药物研发，份额最大，占比达35%），将以超过40%的增速发展，在2024年达到25亿美元规模，占比达25%。

中国的医疗人工智能市场究竟有多大？根据前瞻产业研究院发布的《2018-2023年中国人工智能行业市场前瞻与投资战略规划分析报告》，2016年中国人工智能医疗市场规模达到96.61亿元，增长37.9%；2017年将超过130亿元，增长40.7%；2018年有望达到200亿元。

#### 3.1.4.2 AI医学影像行业的收入/融资情况

医学影像已经成为人工智能在医疗应用层面最热门的领域之一。国内有超过百家企业将人工智能应用于医疗领域，其中大部分公司涉足医学影像领域，远高于其他应用场景的企业数量。亿欧《2018中国人工智能商业落地》报告中，在中国100家人工智能相关非上市企业2018年预计营收范围里，人工智能医疗公司共有10家进入100强，这10家公司里有6家涉足AI医学影像领域。

在融资方面，数据显示，自2013年到2017年，整个医疗人工智能行业共获得241笔国内融资。2017年，国内AI医学影像行业公布的融资事件近30起，融资总额超过10亿元。

表8：2018年人工智能医疗公司前十名收入情况

公司名称	所在领域	2018年营业收入(人民币)
依图科技	医学影像	5-8亿
零氪科技	医疗大数据	3-4亿
兰丁高科	医学影像	1-2亿
汇医慧影	医学影像	1-2亿
健康有益	健康管理	1-2亿
思派科技	医疗大数据	1-2亿
推想科技	医学影像	6000-8000万
深睿医疗	医学影像	3000-5000万
森亿智能	电子病历	3000-5000万
体素科技	医学影像	3000-5000万

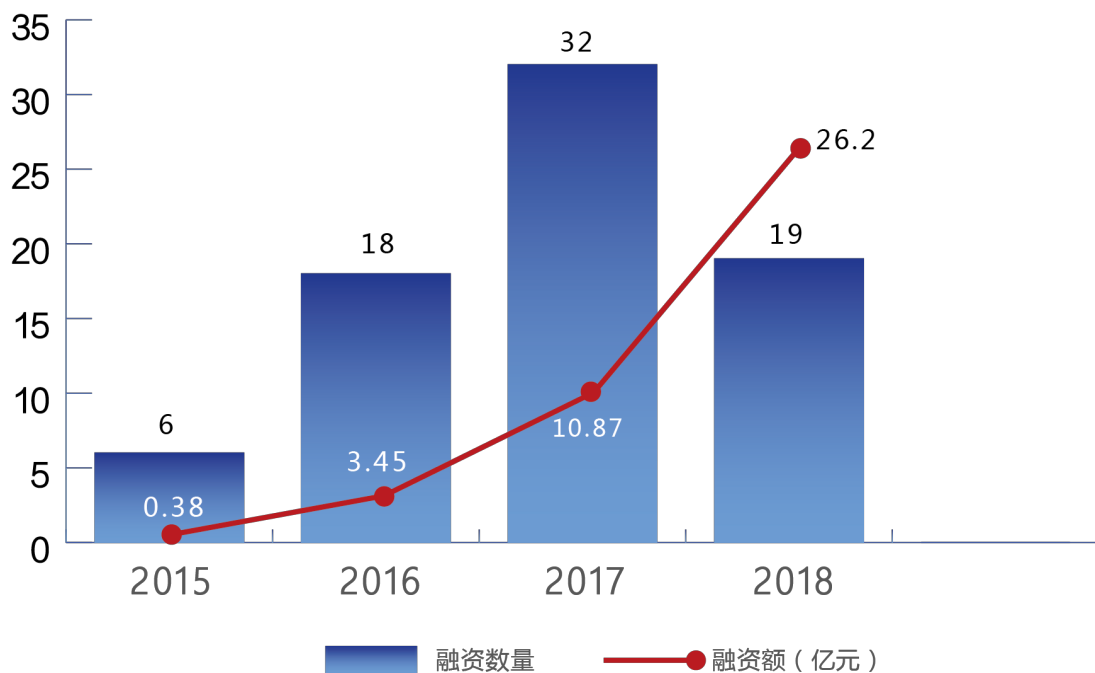


图2：中国AI医学影像领域融资情况（2015年到2018年9月）

### 3.1.4.3 AI医学影像行业的落地情况

目前AI医学影像产品主要应用于疾病筛查方面，商业模式尚不清晰。而即使是疾病筛查领域，不同的AI医学影像公司所聚焦的领域也有差异，目前仍以肿瘤和慢病领域为主。此外，不同的AI医学影像公司针对的客户群体也有所差别，除了三甲医院和基层医院的区别外，也有面向C端患者、药企、医疗保险公司和政府相关部门的区别。

通过对2018年营收亮眼的AI医学影像公司进行分析，本报告希望从应用场景和数据资源的角度来分析AI医学影像目前在中国的落地情况。

表9：AI医学影像领域国内典型公司对比

公司名称	主要业务	接入医院	客户群体	近期融资
依图科技	care.aiTM医疗智能全栈式产品解决方案，包括肺癌影像智能诊断系统、乳腺X线智能诊断系统、乳腺超声智能诊断系统等	已落地全国100多家三甲医院	潜在付费方有可能是保险公司、体检中心、药厂等，不过目前还在探索过程中	2018年3月，D轮，金额未知，估值20亿美元
兰丁高科	全自动智能化宫颈癌筛查系统、全自动数字(远程)病理细胞分析仪	截至2018年6月，已落地全国400多家医院	大中型医疗机构、基层医院、各级政府，收入主要来自设备投放和检测服务	2018年10月，A+轮，金额未知
汇医慧影	智慧影像云平台、数字智能胶片、肿瘤放疗云平台、大数据智能分析云平台以及影像智能筛查系统和人工智能诊断云平台	已经和国内800多家顶尖医院完成科研和临床合作，包含超过200家三甲医院和系列高端连锁医疗机构	产品销售是主要收入来源，如影像云系统向医院收费，电子胶片由患者买单	2018年11月，战略投资，金额未知
推想科技	人工智能精准医疗平台，智能X线辅助筛查产品和智能CT辅助筛查产品，肺部结节筛查切入	截至2018年2月统计，在复旦全国医院排行榜中，排名前10的医院已渗透7家；前50的医院已进入25家	医院	2018年11月，C1轮，金额未知
深睿医疗	本地智能辅助诊断系统、云端智能辅助诊断系统	合作医院数量近百家	医院、体检中心、第三方影像中心	2018年4月，B轮，1.5亿元
体素科技	肺癌诊断、眼底疾病检查、冠脉增强CT分析系统	合作医院数量为100多家	医院、体检中心、保险公司、影像器械生产商、医疗影像管理系统软件商	2017年9月，A+轮，1亿人民币

目前AI医学影像公司多基于自身技术特点和市场需求，选择一个或几个病种切入。本报告对AI医学影像疾病领域公司现状整理如下：



表10：不同疾病领域的典型AI医学影像公司

疾病领域	发展优势	公司名称	主要业务
肺结节	<ul style="list-style-type: none"> <li>全球发病率和死亡率最高的恶性肿瘤</li> <li>筛查效率低，一个医生需要查看200张以上的CT扫描图片，才能诊断一个病例，耗时约20min</li> <li>肺癌公开数据集多</li> </ul>	阿里健康	Doctor You 的 CT 肺结节智能检测引擎在远程影像诊断的应用。
		腾讯	腾讯觅影，可辅助医生展开肺结节早期筛查。
		依图科技	对肺部 CT 影像检测病灶、对其进行多维度描述和鉴别诊断。此外肺段定位技术还可进行历史结节对比，解决复查难题。
		深睿医疗	Dr. WISE CAD 医学影像诊断系统，肺结节检出率超 98%，磨玻璃结节检出率超 95%，假阳性仅 5%，合作医疗机构多。
		图玛深维	提供良恶性判断和结节精确定位。提供自动随访功能，可自动生成结构化病历报告。检出率超 97%，良恶性判断符合率超 90%。
		推想科技	InferRead CT lung, 对微小结节和磨玻璃结节敏感性高，几乎零漏诊。
		汇医慧影	Dr. Turing肺结节筛查系统，自动标注病灶、完成病历报告。
眼底	<ul style="list-style-type: none"> <li>中国是2型糖尿病患者最多的国家，糖尿病眼底病变情况多</li> <li>筛查糖眼的医生能力和数量严重不足</li> <li>糖眼公开数据集多</li> </ul>	腾讯	腾讯觅影的糖网筛查准备率达 97%，糖网分期准确率达 75%。
		上工医信	“慧眼糖网”，可实现标记、诊断、病历生成的整套解决方案，准确率 91%。
		Airdoc	识别眼底病变，辅助医生快速筛查 30 多种常见慢病。
		体素科技	VoxelCloud Retina 眼底照相完整解决方案，能完成 10 种病灶类型的分类和量化和 8 种可见疾病的分类。
乳腺癌	<ul style="list-style-type: none"> <li>乳腺癌发病率和死亡率均位列女性恶性肿瘤首位</li> <li>中国乳腺医生稀缺</li> </ul>	腾讯	腾讯觅影的乳腺癌筛查可自动定位病灶和判别肿瘤良恶性的风险程度（敏感度 87%、特异度 96%），并自动生成 BI-RADS 报告。
		图玛深维	σ-Discover/Mammo 乳腺钼靶智能诊断系统可实现乳腺自动分型和病灶的 BI-RADS 诊断报告。
		汇医慧影	乳腺癌 AI 全周期管理平台，覆盖预防、筛查、诊断、预后全周期，检出率达 95%。
		深睿医疗	Dr. WISE 医学辅助诊断系统，自动分型、全病灶检出和生成报告，合作医疗机构多。
		依图科技	care.ai™ 乳腺 X 线智能诊断系统，自动分型和生成结构化报告，腺体分析、病灶检出、征象分类和 BIRADS 分类准确率均超 90%。
宫颈癌	<ul style="list-style-type: none"> <li>全球第二大女性常见恶性肿瘤，发病率仅次于乳腺癌</li> <li>宫颈癌筛查的主要手段是病理CT，然而我国病理医生极其短缺</li> </ul>	兰丁高科	人工智能宫颈癌筛查系统，检测出早于形态变化的细胞核 DNA 含量变化的情况，完成湖北省 37 万宫颈癌筛查项目。
		视见医疗	TCT 宫颈癌人工智能筛查系统，定位病变、可识别 9 种细胞异常、可检测 5 类微生物感染，敏感度超 95%，特异性超 90%。

在国外，人工智能医疗领域融资额度十分巨大。CB Insights近日发布报告，私有市场医疗人工智能创业公司自2013年以来达成576笔交易、融资43亿美元，人工智能领域的融资领先于其它所有行业。

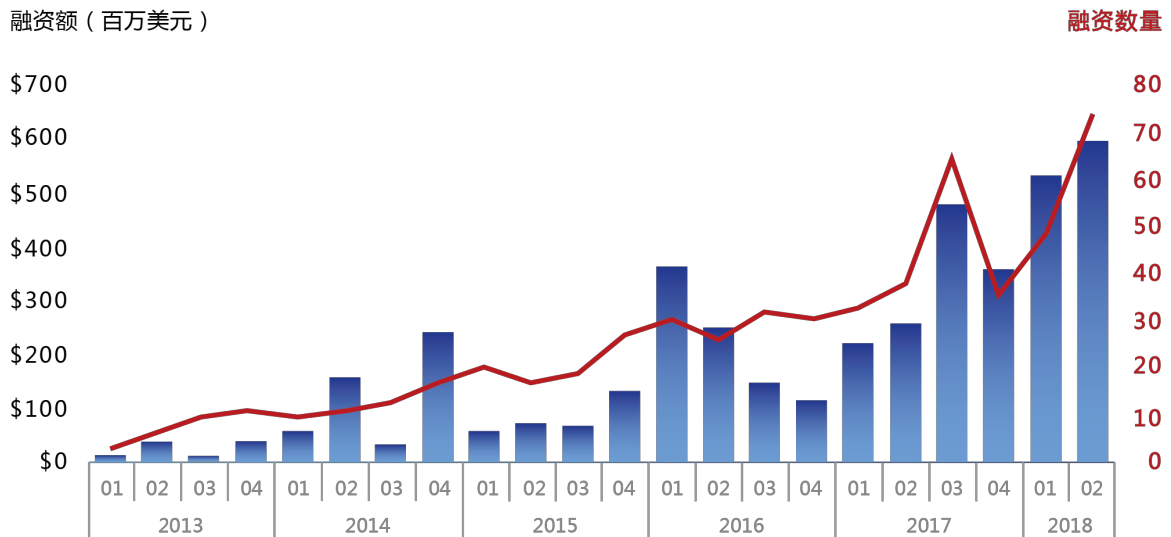


图3：2013年Q1-2018年Q2，人工智能医疗领域融资金额和数量

FDA监管审批的加速为70多家AI医学影像公司开辟了新的商业道路，他们都在2013年之后完成了融资，总共达成119笔交易。

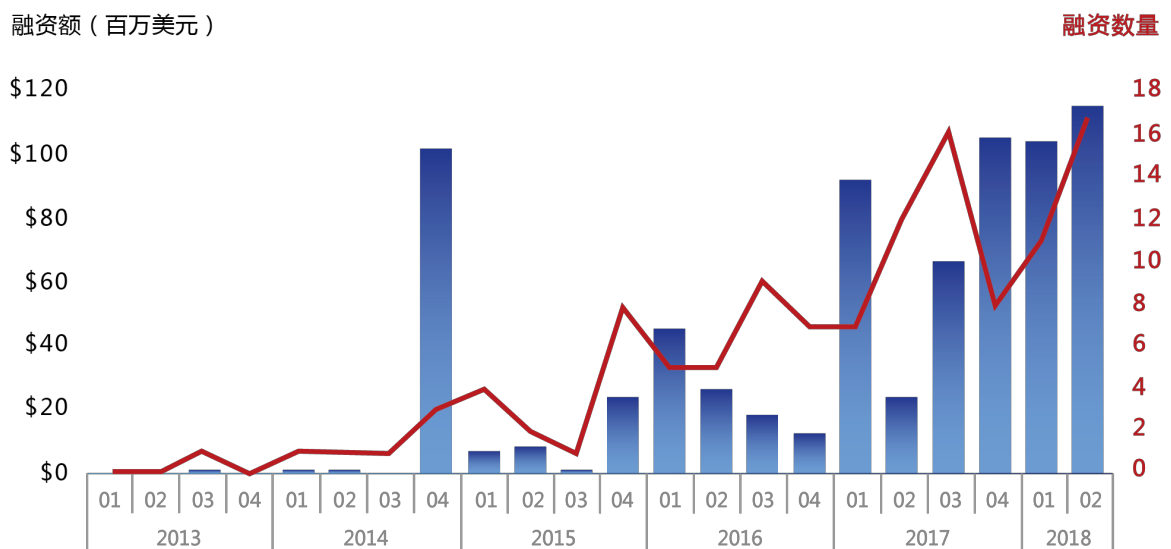


图4：2013年Q1-2018年Q2，AI医学影像融资金额和数量

表11：国外典型AI医学影像公司对比

公司名称	国家	主要业务	客户群体	近期融资
Zebra Medical Vision	以色列	基于云的放射性影像识别服务，应用涵盖识别骨质疏松，肺气肿，脂肪肝，冠状动脉钙化等疾病的病情	医院	2018年6月，C轮，3000万美元
Arterys	美国	4D 血流分析软件	医院、MRI仪器制造商、 医疗研究机构	2016年，A轮，1200万美元
Enlitic	美国	恶性肿瘤检测系统	医院和医疗科研机构	2015年，B轮，1000万美元

### 3.1.5 商业模式

目前我国基本大致成型的AI医学影像产品大多正处于医院试用阶段，该领域公司基本没有实现盈利，商业模式总结如下：

第一类，跨界的互联网科技巨头公司，如IBM、谷歌、微软、亚马逊、阿里、腾讯等，他们的特点是有钱、有技术，可以依靠自身强大的财力支撑项目发展。这些企业在人工智能基础技术有着长期的布局和投资，具备在医学影像应用层面取得突破的优势。

第二类，设备型公司，比如国外的GPS(GE、Philips、Siemens)和国内的联影、迈瑞等。这类公司的特点是可以依靠医学影像设备或影像管理协作系统进入医疗机构，既能获取数据又能产生一定的营收，此外还能依靠公司的其他业务收入支持人工智能业务。

第三类，技术型公司，比如依图科技、图玛深维、汇医慧影、深睿科技、推想科技、airdoc、deepcare等。技术型公司主要聚焦于应用层的建设，基于场景或行业数据，提供最终的解决方案。它们拥有自己的算法、受资本青睐，在人工智能医学影像领域布局较早，在准确率上更有保证，主要依靠融资和微薄的收入支撑业务发展。技术型公司相比于其他两类企业在互联网和医疗设备的积累较为薄弱，但对于市场需求的捕捉和反应却非常灵活。以图玛深维为例，它成立于2015年，2017年推出σ-Discover系列深度学习诊断系统，通过大数据与深度学习技术，探索解决现阶段完全依靠医生经验和人工处理的医疗瓶颈，目前该产品主要应用于肺结节检测。图玛深维主要有两类商业模式：一类是以科研合作的方式面向医院、影像中心、体检中心推广，进入医院后，获得相关数据和医生的反馈意见。二类是以软件集成的方式，与医学影像存档与通信系统PACS(Picture archiving and communication system)厂商、医疗器械厂商合作，与其他产品相结合。



## 3.2 AI辅助诊断

AI辅助诊断主要提供了医学影像、电子病历、导诊机器人、虚拟助理等服务，利用机器学习+计算机视觉缓解病理专家稀缺、医生素质不高的现状，利用人工智能+大数据对患者进行系统化记录和健康管管理，利用人工智能+机器人技术分担医院从医人数不足的压力。其中，AI医学影像作为一个典型应用领域，在前文已经做了分析，接下来将分别对电子病历、导诊机器人、虚拟助理进行分析。



图5：AI辅助诊断细分领域

### 3.2.1 行业痛点

目前国内医疗辅助诊断领域存在不少痛点亟需解决，其中一些痛点是人工智能可以着力发展的方向。

**电子病历。**传统电子病历系统难以满足病种数据专业化、病历输入简便化、病历数据结构化、基于病历的临床决策支持等需求。人工智能可利用自然语言处理技术使病历语言标准化、结构化、统一化，关联单一病种相关数据，利用语音识别和语音合成来处理大量文本录入工作，最终达到辅助临床决策的目的。

**导诊机器人。**医院高峰期人满为患时，患者需要及时响应就医指导和分诊引导。导诊机器人可基于人脸识别、语音识别等人机交互技术，提供挂号、科室分布、就医流程指导、身份识别、数据分析、知识普及等服务。

虚拟助理。患者在线下问诊时需要了解疾病基本信息，但是这些内容基础且高度重合的信息会占用医生相当多的时间。人工智能可基于大量历史问诊信息，帮助医生回复患者的问诊，节省医生的时间和精力。

### 3.2.2 发展优势

在电子病历方面，以语音电子病历为例，人工智能基于脱敏的病历数据和临床使用不断训练模型、优化算法，通过语音识别引擎实现人机交互和文本转录。在导诊机器人方面，我国机器人应用相对成熟，使得医疗机器人具有相应的发展优势。医疗领域机器人主要基于人脸识别、语音识别等技术，再通过后台嫁接医院信息等知识系统，实现导诊功能。在虚拟助理方面，通过建立疾病知识库和历史问诊记录，实现人机交互的智能问诊功能。

### 3.2.3 应用场景

在电子病历领域，人工智能普遍在病种专业化平台、智能语音录入、自然语言识别、临床决策支持这4个场景开展服务。在导诊机器人方面，应用场景明晰，一般多为院内导诊环节。在虚拟助理方面，智能问诊是主要应用场景。

### 3.2.4 行业现状

表12：国内AI辅助诊断的行业现状

细分领域	应用场景	公司名称	主要业务	接入医院	客户群体	近期融资
电子病例	病种专业化平台	索闻博识	博识医疗云（疾病专业化的云端数据库和电子病历平台），覆盖了肿瘤、血液、骨科、神经内科、神经外科、精神科、呼吸系统等几乎全部重大疾病	全国 400 余家三甲医院的超过 3000 个临床科室实现了落地应用，其中肿瘤相关科室超过 1400 个	三甲医院	2017 年 6 月 A 轮 数千万元
	智能语音录入	云知声	智能医疗语音录入系统、语音识别引擎针对医学数据库	20 多家三甲医院，还有约 40 家医院正处于试运行阶段	医院	2018 年 7 月 C+ 轮 6 亿元
	病历结构化处理	森亿智能	智能医疗语音录入系统、语音识别引擎针对医学数据库	20 多家三甲医院，还有约 40 家医院正处于试运行阶段	医院 医疗 IT 企业 保险、药企	2018 年 11 月 B+ 轮 1 亿元
	临床决策支持	零氦科技	HUBBLE 医疗大数据辅助决策系统	数家医院	医院	2018 年 7 月 D 轮 10 亿元
导诊机器人		科大讯飞	“晓医”机器人	数家医院	医院	已上市
虚拟助理		康夫子	问诊系统	/	医院、患者	2018 年 4 月 A+ 轮 数千万元

### 3.2.5 商业模式

AI辅助诊断的商业模式具有以下特点：由于产品多为软硬件一体化全套解决方案，因此AI技术公司多与医院合作并且通过医院脱敏病历数据和临床使用不断训练模型和优化算法，医院免费或在一定程度上付费来使用产品。未来产品打磨成熟，可能倾向采取服务收费的模式。

## 3.3 AI药物研发

### 3.3.1 行业痛点

目前国内药物研发领域存在不少痛点亟需解决，其中一些痛点是人工智能可以着力发展的方向。

**痛点一：新药研发耗时长、成本高、风险大、回报率降低。**业内关于新药研发流行“双十”宿命，即研发一颗新药要耗费10亿美元、耗时10年。而最近CSDD（塔弗茨大学药物开发研究中心）的报告表明，新药平均研发成本已上升至26亿美元，相比十年前10亿美元的研发成本几乎翻了一倍。尽管如此，高昂的研发成本和漫长的研发周期却不能保证所研发的药物能顺利通过三期临床试验走向市场。如果将人工智能与药物研发相结合，可以很大程度地减少研发时间以及降低研发成本。人工智能可以通过大量数据快速挑选合适的化合物，生成假定药物，显示出更有效率的开发新药的潜力。以Atomwise为例，其超级计算机可以在几天之内评估近千万种化合物，找到多发性硬化症可能的治疗方法。2016年，高盛发布的《人工智能、机器学习和数据将推动未来生产力的发展》中提到，“人工智能和机器学习的不断整合使得人们在新药研发的过程中能降低风险、节约成本，每年节约的成本超过280亿美元”。

**痛点二：国内仿制药研发难。国外的癌症新药、特效新药难以进入国内市场。**国外新药进口到国内供中国患者使用，平均要耗资1800万美元，耗时6至8年，因此部分国外新药选择不进入中国市场。基于此种情况，国内仿制药市场空间充足，中国超过96%的药企都从事仿制药生产。这些仿制药生产企业一般在国外新药的基础上进行修改设计，找出不受专利保护的相似的化学结构，以实现近似或更好的治疗效果，但仿制药的进程也较为缓慢。利用人工智能，能加速我国仿制药的研发和入市。对生产仿制药的药企而言，如果在药物设计上有更大的改进空间，或更快的研发突破，那么就能产生巨大的社会价值与经济价值。

### 3.3.2 发展优势

利用机器学习和人工智能可以减少传统药物研发的时间成本与精力成本，降低失败率。此外，生物医学的海量数据引发了制药行业对人工智能的兴趣，不断增加的计算能力和大型数据集的扩散促使科学家们寻求可以帮助他们浏览大量信息的学

习算法，这些都有助于人工智能在药物研发上应用。而在不良药物事件预测上，人工智能可结合患者个体的真实数据，通过机器学习等算法建模，从而对患者进行风险评估，有效预测不良药物事件。

### 3.3.3 应用场景

人工智能技术应用于药物研发上，能大大缩短研发周期，降低成本。人工智能在新药研发上的应用主要为两个阶段：药物研发阶段和临床试验阶段。

表13：AI在药物研发的应用场景

比较内容	新药研发的方向	人工智能结合点
药物研发阶段	靶点筛选	文本分析
	药物挖掘	计算机视觉+高通量筛选 机器学习+虚拟筛选
临床试验阶段	患者招募	病例分析
	药物晶型预测	虚拟筛选

#### (1) 靶点筛选

药物靶点是药物与机体生物大分子的结合部位，涉及受体、酶、离子通道、转运体等。新型药物的设计和筛选都是通过已知的靶点来完成的，因此对药物靶点的筛选成为了药物研发过程中非常重要的一个过程。药物靶点的筛选，即药物靶点的发现，是指发现能减慢或逆转人类疾病的生物途径和蛋白，这是目前新药研发的核心瓶颈。

传统常用的寻找靶点的方式是通过交叉研究和匹配市面上已曝光的药物和人体上的1万多个靶点，以发现新的有效的结合点。以往这项工作由人工试验完成，现在通过人工智能，将给试验的速度带来指数级的提升。在科学研究飞速发展的今天，每30秒就会有一篇生命科学论文发表，此外，大量的专利、临床试验结果等海量信息每时每刻都在产生。人工智能可以代替药物研发工作者来关注所有的新信息，并从中寻找到可用的信息，进行生物化学预测。

#### (2) 药物挖掘

药物挖掘，又名先导化合物筛选，是指将数以百万计的小分子化合物进行组合实验，以发现具有某种生物活性和化学结构的化合物，用于进一步的结构改造和修饰。药物挖掘与筛选是生化水平和细胞水平的筛选，一般有两种方式，即高通量筛选和虚拟药物筛选。

高通量筛选最初是伴随组合化学而产生的一种药物筛选方式，可以在短时间内完成对大量候选化合物筛选，目前技术成熟，不仅应用于对组合化学库的化合物筛选，还可应用于对现有化合物库的筛选。高通量筛选技术因其结合了药学、医学、分子生物学、计算机科学和自动化技术等学科知识，已成为目前药物开发的主要方式。完整的高通量筛选体系具有高度整合性和自动化特征，被人们形象地称为药物筛选机器人系统。随着人工智能技术的发展，有望通过开发虚拟筛选技术取代高通量筛选、利用图像识别技术优化高通量筛选两种方法来提高药物挖掘的效率。

虚拟药物筛选可以有效避免实体药物筛选产生的巨额资金投入问题。实体药物筛选需要构建大规模的化合物库，提取或培养大量实验必需的靶酶或者靶细胞，同时还需要一定的设备支持。然而，虚拟药物筛选通过在计算机上模拟药物筛选的过程，预测化合物可能的活性，对比较有可能成为药物的化合物进行有针对性的实体筛选，极大地降低了药物开发的成本。尽管虚拟筛选的准确性有待提高，但是其快速廉价的特点，使其成为发展最为迅速的药物筛选技术之一。

### （3）患者招募

在实际临床试验阶段，因为在原定时间内很难发现足够数量的患者，大多数试验不得不大幅延长其时间周期。根据拜耳的数据统计，90%的临床试验未能及时招募到足够数量和质量的患者。利用人工智能技术能对患者病历进行分析，对疾病数据进行深入研究，使药企可以更精准挖掘目标患者，提高招募患者的效率和质量。2016年，Biogen进行了一项研究，使用Fitbit追踪多发性硬化症患者的活动。结果，24小时内便成功招募了248名患者，其中77%的人完成了后续的研究。

### （4）药物晶型预测

药物晶型不仅决定了药物的临床效果，同时也具有巨大的专利价值，药物晶型专利可以延长药物专利2到6年，意味着数十亿美元的市场价值。利用人工智能，可以高效地动态配置药物晶型，把一个分子药物的所有可能晶型全部预测，防止漏掉重要晶型，缩短晶型开发的周期，更有效地挑选出合适的药物晶型，减少成本。



### 3.3.4 行业现状

根据 Global market insight 的数据统计，药物研发在全球人工智能医疗市场中的份额最大，占比达到35%。在药物研发方面，我国的新药研发目前还是以仿制药和改良药为主，而国外研发主要以创新药为主，因此在人工智能应用于新药研发的领域中，国外比国内走得更远。

表14：国内外典型AI药物研发企业

应用场景	公司名称	国家	成立时间	融资情况	主要业务
靶点筛选	BenevolentAI	英国	2013年	总共融资2.07亿美元	JACS人工智能系统，海量信息中提取出能够推动药物研发的知识，进行预测，从而加速药物研发的过程，和药企、药物研究机构合作。
药物挖掘	Recursion Pharmaceuticals	美国	2013年	总共融资1.05亿美元	细胞图像处理平台，运用计算机视觉技术来处理细胞图像，并且通过分析1000多种细胞特征来评估疾病细胞在给药后的效果。
患者招募	Mendel.ai	美国	2016年	2017年7月种子轮2百万美元	使用人工智能通过个人病史和遗传分析使癌症患者自动与临床试验匹配，加快癌症治疗的临床试验注册。
晶型预测	晶泰科技	中国	2014年	2018年1月B轮1500万美元	用计算物理、量子物理、量子化学、人工智能与超大规模云计算相结合，缩短药物设计、固相筛选和药物制剂的开发时间。

### 3.3.5 商业模式

目前AI药物研发市场上主要有三大类公司：AI技术公司、药物研究机构和大型药企。

AI技术公司各有业务切口，分别在药物研发的不同环节谋求突破。这些公司都是从药物研发的某一个细小环节切入，并逐渐向上下游拓展业务，它们并不生产药，而是向大型药企或医疗机构提供技术服务。

药物研究机构基于本身的高研发水平，也在寻找新商业机会。药物研究机构本身也是一个服务性平台，在制剂、代谢、安全性评价等方面向全国药企提供支持。例如上海药物研究所苏州成果转化中心正在搭建自己的大数据平台，并计划基于该平台成立自己的公司，谋求商业合作。

大型药企的趋势是利用本身的海量数据与AI技术公司寻求合作或投资机会。如武田药业和Numerate的小分子药物的合作，药明康德投资了用强化学习和生成对抗网络(GAN)进行分子发现的Insilico Medicine。

总结来看，人工智能在药物研发环节的作用主要集中在前临床阶段。利用人工智能技术除了加速研发时间、节约资金，还可以降低后续临床试验的失败概率。在云计算和专用超级计算机的帮助下，人们期待人工智能可以代替科学家的个人的灵感和运气，提前预测药物候选的ADMET（药物的吸收、分配、代谢、排泄和毒性），预测化合物不良反应，并评估通过人类临床试验的可能性，缩小后期实验范围，降低临床失败概率。

## 3.4 AI健康管理

### 3.4.1 行业痛点

目前国内健康管理领域存在不少痛点亟需解决，其中一些痛点是人工智能可以着力发展的方向。

**痛点一：传统健康管理中的智能穿戴设备没有解决数据关联性。**可穿戴设备仅仅停留在数据提取、采集和趋势分析上，数据之间的关联性未能实现为用户提供健康画像并改善健康。这种情况下，健康管理仅仅起到了反馈和预测身体健康情况的作用，而没有起到提供健康解决方案的效果。应用人工智能对海量健康数据进行读取分析，对医疗病历数据进行学习，此时的健康管理平台就如一个虚拟医生，能够根据用户的健康数据向用户提供健康解决方案。

**痛点二：从事健康管理领域的人员自身不够专业。**当前健康管理人才绝大部分都是非医学背景，大多只是为了“营销性”的健康管理工作而考取相关证书，含金量不高，很少能够独立地为客户制定一份解决问题的方案。人工智能开发的健康管理设备、平台等拥有专业性强、完整程度高的知识图谱，能够提供准确度高、专业性强的用户健康解决方案。

### 3.4.2 发展优势

**优势一：大数据成为最重要的突破口。**海量大数据是人工智能发展的必要先决条件，在医疗健康领域尤其突出。通过智能设备、体检中心等平台收集的用户健康数据，结合强大的计算能力对用户日常的健康行为进行检测管理，达到健康监控对疾病的提前预测的目的。

**优势二：人工智能可实现精准健康管理。**从技术驱动的角度看，人工智能能通过高效的计算和精准的决策分析，使个性化健康管理成为可能，推动健康管理的精准化，甚至未来营养师和运动专家可以基于人工智能系统生成精准健康干预方案，并探究数据背后的学科逻辑。

**优势三：国家政策支持。**政府政策如下图：



图6：AI健康管理相关政策

### 3.4.3 应用场景

受限于目前智能穿戴设备硬件发展水平以及疾病相关数据积累不足的现状，人工智能在健康管理层面的主要应用场景为慢病管理（常见为糖尿病和高血压）、母婴管理、精神健康管理和人口健康管理。公司一般运用人工智能技术对个人数据进行分析，制定健康管理计划。

### 3.4.4 行业现状

表15：国内外AI健康管理的行业现状

应用场景	公司名称	国家	成立时间	主要业务	近期融资
慢病管理	糖护科技	中国	2013年	通过数据采集设备,利用人工智能进行决策,为用户提供个性化的健康管理建议。	2015年 A轮 数千万元
母婴管理	健康有益	中国	2014年	覆盖8个省份数千家母婴店,通过婴幼儿肠道检测、叶酸检测等服务于自有平台及合作渠道,对孕期、产后和后母婴阶段的孕妇及婴幼儿营养素的摄入、针对母婴类产品的购买选择方面提供个性化建议。	2017年 Pre-A轮 数千万元人民币
精神健康管理	Ginger.io	美国	2011年	通过手机收集用户数据来建模分析用户行为与心理之间的关系。	2015年 B轮 2000万美元
人口健康管理	Welltok	美国	2009年	采用SAAS的服务模式,开发CaféWell健康优化平台,基于所有影响个体健康的变量因素,设计个性化的解决方案。	总共融资 2.52亿美元

### 3.4.5 商业模式

目前健康管理运营依然以单位和个人支付的健康体检为主，包括健康评估和健康促进等，后续健康管理服务尚未完全普及。过去企业对员工的健康管理重视程度不够，但现在越来越多的企业愿意拿出一部分资金开展企业员工的健康管理服务。除此之外，部分企业采取与保险公司合作的方式，为员工提供相应的医疗健康管理服务。但是，个体用户的付费习惯仍需要培养，未来这将是一个广阔的市场。

## 3.5 AI疾病预测

为了与前文叙述的AI医学影像、AI辅助诊断、AI健康管理区别开来，在这里人工智能应用于疾病的风险预测（AI疾病预测）主要是指通过基因测序与检测，提前预测疾病发生的风险。除此之外，也包括运用各种生化、影像、行为日常大数据来预测疾病发生情况。

基因检测进入人们视野的一个重要契机为美国著名女影星安吉丽娜·朱莉接受基因检测发现自己有很高的乳腺癌患病率，于是决定接受乳腺切除手术。同样对基因检测表示支持的还有已过世的乔布斯，他希望通过基因检测寻求治愈自己胰腺癌的方法。

那么基因检测是如何检测患者的患病概率和寻求治愈癌症的方法的呢？基因决定每个人独特的健康状况，因此要了解自己的健康状况，必须先对基因进行解析。也就是说，只需一滴血或一点唾液，就能预测是否罹患多种疾病。绝大多数肿瘤是由遗传、环境及感染等因素引起，且均从基因损伤开始。因此，理解基因与癌变的关系，寻找并发现“异常”的病变基因，进而尝试“修改”引发癌变的基因，被认为是“根治”癌症的有效方法。

### 3.5.1 行业痛点

如上所述，基因检测是AI疾病预测行业发展的重要途径之一。目前国内基因检测存在不少痛点亟需解决，其中一些痛点是人工智能可以着力发展的方向。

**痛点一：基因组数据量庞大，人工试验耗时耗力。**一个人有 $10^{14}$ 个细胞，每个细胞携带的基因数是 $6 \times 10^9$ 。21世纪初，美国政府牵头、6个国家参与，发起了一项庞大的基因研究计划。当时研究一个人的基因组就花了13年时间。面对如此庞大的信息量，人工智能将充分发挥“深度学习”的优势，精确而又迅速地进行数据分析，为癌症诊断和治疗提供必要的信息。

**痛点二：传统基因测序耗费成本巨大。**传统基因测序成本介于1000万元至5000万美元之间，而随着人工智能的强势介入，深度检查的价格迅速下降，如今私营机构的检测成本已低至数百美元。今后，人类做一次检测，也许将和用体温计量一次体温一样便捷。



**痛点三：基因测序诊断分析各阶段的通用算法效果不佳，准确率低。**基因测序诊断分析一般要经过“序列比对(Alignment)—变体识别(Variant Calling)—诊断预测(Predictions)”这三个阶段，每一个部分都有对应的通用算法。但是由于基因种类太多，这些通用算法的效果并不能让人十分满意。以人工智能为基础的基因分析技术，可识别单核苷酸多态性变异与删除(SNP and INDEL)、拷贝变异数(CNV)以及对基因的变异进行严重性的评估，能够实现很高的准确率。

### 3.5.2 发展优势

**优势一：市场需求广阔，市场发展迅速。**从疾病发病率趋势看，近十年来我国癌症发病率和死亡率不断上升。根据相关数据显示，在2015年，我国新增肿瘤患者人数约为430万人，因癌症死亡人数约280万人。疾病预测因此也很受重视，基因测序也飞速发展。我国已初步建立了适应基因产业发展的宏观产业布局和产业链条，基因测序市场发展迅速。数据显示，2007年到2016年，我国基因测序的收入每年以62.2%的速度增长，2009年收入达到3.6亿元，2010年突破7亿元，2016年实现50.6亿元。预计到2022年，我国基因测序市场规模接近300亿元左右。随着人工智能与基因测序相结合发展，人工智能技术的引入加速了基因测序的发展，同时也会减少基因测序实现时间和医疗成本费用，基因测序行业必将迎来更大的发展空间。

**优势二：超级计算机的发展促进了人工智能+基因测序的发展。**如果将超级计算机本身强大的数据处理能力应用到基因测序中，对TB级的海量基因组数据进行处理和挖掘，那么可以极大地缩短基因检测的时间，提高效率。上海儿童医院生物医学信息中心主任吕晖将基因检测比作“在2万页书，30亿个字母中，找到其中的1个或2个出错的字母”，而超算“快、准”的能力在其中能够发挥最大的功用。

### 3.5.3 应用场景

致力于疾病风险预测的公司主要有两类，一类掌握基因测序核心技术，研发基因测序仪器；另一类利用基因测序仪，面向B端和C端提供测序服务。主要业务模式有以下几种：第一种是研发基因测序仪的上游企业和中游企业进行合作，共同完成设备设计、开发工作，使设备能够实现肿瘤基因、遗传基因、传染病等方面的检测功能，构造生态圈；第二种是利用基因测序仪提供服务的中游企业开发测序相关

应用，面向B端和C端提供测序服务。B端业务主要针对癌症、白血病等重大疾病，面向医院提供产品或服务、或进行合作；C端业务主要以疾病风险预测为重点，面向公众开放基因测序服务。

### 3.5.4 行业现状

表16：国内外AI疾病预测的行业现状

应用场景	公司名称	国家	成立时间	主要业务	近期融资
研发测序仪器	Illumina	美国	1998年	遗传变异和生物学功能分析领域的优秀的产品、技术和服务供应商	已上市
提供测序服务	23andMe	美国	2006年	美国第一家被批准提供面向消费者的基因检测服务的公司,能针对消费者因遗传导致的帕金森、迟发性阿兹海默病作出预测	2017年 F轮 2.5亿美元
提供测序服务	Veritas Genetics	美国	2014年	提供靶向基因检测、myGenome全基因组测试	总共融资5170 万美元
提供测序服务	华大基因	中国	1999年	核心能力为高通量基因测序技术,提供无创产前检测、肿瘤基因检测、辅助生殖等	已上市
提供测序服务	碳云智能	中国	2015年	提供生命数字的量化、健康管理计划	总共融资 13亿人民币

### 3.5.5 商业模式

基因检测是精准医疗的基石，基因检测产业以基因测序仪和检测耗材为最初的起源，延伸到下游的众多基因测序服务以及检测分析机构，进而通过对于相应的症状作出精确诊断，同时提供具有针对性的治疗手段或是特效药物的研发思路。

基因测序上游拥有极高的技术壁垒，进入测序仪市场难度极大。测序技术发展至今已共有三代的测序技术成型，当前应用于市场的商业化的主要是二代测序仪。目前，二代测序仪市场牢牢被国外的Illumina、Life Technology和Roche所垄断，三家公司近乎掌控基因检测产业的上游决定权，同时也是最具有价值的部分。

现行的基因检测服务商业模式可分为两类：医院投放模式和第三方检测模式。由于数据分析方法壁垒较低，企业相对较多，其中达安基因、嘉宝仁和采用医院投放模式，华大基因、安诺优达、凡迪生物、百迈克等采用第三方检测模式。对比于医院投放模式，第三方检测模式需要医学检验所资质、人员和资金的门槛较高，同时存在一定的贿赂风险。但是，规模化的基因测序使得检测的领域扩大，也使测序成本得以降低，进一步使得市场竞争力得以提升。









## 4. 中国AI医疗行业面临的挑战

### 4.1 AI医疗人才方面

#### 4.1.1 人才数量缺乏

2017年7月，LinkedIn（领英）发布了《全球AI领域人才报告》。该报告显示，中国人工智能人才总数超过5万人，位列全球第七。在此之前，工信部考试中心的数据表明，国内人工智能人才供应量不及需求量，两者之间的缺口为500万人，并且高校每年培养出来的人才不足2000人。据动脉网的调研结果，从事医疗领域的人工智能人员数量仅占全部人工智能人员数量的十分之一。如果以1:10的比例换算，中国每年培养并从事人工智能医疗领域的人才少于200人。

表17：2017年各国AI领域人才数量

排名	国家	AI人才数量	比例	
1	美国	85万+	62%	
2	印度	15万+	11%	
3	英国	14万+	10%	
4	加拿大	8万+	6%	
5	澳大利亚	5万+	4%	
6	法国	5万+	4%	
7	中国	5万+	4%	
前七名国家汇总		137万	100%	

可以看出，在人工智能人才数量排名全球前七的国家中，美国以62%的比重占据大头，中国的占比不到5%，人工智能人才十分稀缺。2018年9月，中国信息通信研究院发布的《2018世界人工智能产业蓝皮书》指出，中国各垂直领域的人工智能企业非常集中，渗透较多的领域包括医疗健康、金融、商业、教育和安防等，其中医疗健康领域占比最大，达到22%。如此高的比例表明产业界在人工智能医

疗人才方面有着巨大的需求。但是，目前中国人工智能医疗领域的人才数量较少，AI医疗人才面临着严重的紧缺问题。

此外，在人才培养模式上，中国和美国存在一定的差距。人工智能诞生于美国，美国高校较早地设立了人工智能专业。但是，中国高校的人工智能课程长期以来分散于计算机、自动化、机械等相关专业中，缺乏人工智能一级学科。因此，教育系统之间的差别使中国在人工智能领域的持续竞争力受到影响。目前国内人工智能人才的培养力度已然加大，制定了大批的人才储备计划。“千人计划”推出后，不仅很多本土人才相继回国，而且国内企业也开始大量聘请来自他国的优秀研究人员。与此同时，国内高校纷纷设立人工智能学院、人工智能研究院、人工智能实验室等机构，构建“本科-硕士-博士”的完整人才培育体系，投入更多的精力和资源建设人工智能一级学科。

需要指出的是，人工智能涉及多个专业的交叉融合，这样有助于培养跨界人才，实现产业应用。因此，在课程设置上可以探索增加部分其他的专业基础课选修的机制。同时，还可以探索高校与优秀企业合作培养的模式，这样有助于培养理论与实践双优人才，全面提升人才的整体素质，为产业的良性发展奠定坚实的人力资源基础。

#### 4.1.2 人才成本高昂

2018年11月，“AI应届博士生年薪80万”一文刷爆社交圈，虽然后经证实，该文有夸大嫌疑，但在调查业内人工智能人才行情后得知，2018年在人工智能领域的应届毕业生，硕士生的年薪大约为30万元，博士生则高达50万元。许多人工智能公司的首席科学家年薪约为200万至1000万元，并配备相应股权。这种人才的争夺现象不仅出现在中国，在美国也是如此。据悉，在硅谷做深度学习的人工智能博士生，刚毕业的年薪即为15万到25万美元。近些年来，与美国等发达国家相比，国内工资薪水和研究环境在一定程度上缺乏竞争力，因此国内人工智能人才存在一定的流失。可以预见，未来这场人才争夺战至少还会持续十年甚至二十年。

为了应对这种情况，政府和企业可以在人工智能人才的出入境、落户、住房、继续教育、医疗等方面进行配套补助，例如2018年12月上海徐汇区政府发布的“T计划”就是相应政策的具体体现。“T计划”强调要完善配套的AI Tower（人工智能大厦）和AI Town（人工智能小镇），为Tech（技术创新）、Talent（人才汇聚）

提供支持，汇聚标杆企业、提供重大平台，加大人工智能人才及其落户、住房、医疗、教育的配套补助。

## 4.2 健康医疗数据方面

### 4.2.1 数据归属不明确

目前我国没有法律明确界定健康医疗数据的归属问题，健康医疗数据资源使用权到底是谁的，是患者个人、医疗机构、还是参与建设的企业？这一直是医疗行业的热议话题。我国的体制决定了我国必须从国家战略资源层面对关键系统和重要设施中的医疗大数据进行保护和使用。2016年6月，国务院办公厅印发由国家卫生计生委等多个部门联合制定的《关于促进和规范健康医疗大数据应用发展指导意见》，该意见作为互联网+医疗行业的“指南针”，全文第一句话明确指出“健康医疗大数据是国家重要的基础性战略资源”。该意见虽然将健康医疗数据定位为国家重要的基础性战略资源，但并未涉及权属分割的问题，而是更加关注健康医疗数据的规范与应用，从而为行业的发展与创新提供良好的条件。有些专家指出，既然我们所关注的是全民健康，那么就on应该将健康医疗数据当做战略性资源进行科学地管理并执行，而不是把它们当做特定个体的数据对待。

医疗行业内的共识是，数据是患者、医生、医院三方共同的资源，且不能直接用作盈利。一般来说，数据可以在科研项目的合作中使用，但使用前必须经过患者的同意并签署知情同意书、医生必须得到医院科研项目申请批复。目前大部分AI医学影像公司都是通过与医院或主任合作科研项目，获取数据训练模型。

### 4.2.2 数据安全要求高

值得注意的是，由于健康医疗数据涉及个人数据隐私方面的问题，因此要特别注意个人数据隐私保护。

中国《网络安全法》规定“网络运营者不得泄露、篡改、毁损其搜集的公民个人信息；未经被收集者同意，不得向他人提供公民个人信息。但是，经过处理无法识别特定个人且不能复原的除外”。因此在使用健康医疗数据时，需要对个人数据进行无法识别特定个人的处理。



在健康医疗数据相关的法律条例方面，除了中国，欧盟在2018年5月颁布生效的《一般数据保护条例》(General Data Protection Regulation)对个人数据处理做出严格规定。这部号称史上最严格的数据保护条例指出，个人数据处理要遵循透明性原则(Transparency)、最少数据收集原则(Data Minimization)。同时，数据主体具有随时撤销同意权(Right to Withdraw Consent)、被遗忘权(Right to Erasure)、可携带权(Right to Portability)等权利。《一般数据保护条例》对未来中国制定数据安全法律有着重要的参考价值与借鉴意义。

以上法律对健康医疗数据的安全性提出了要规范健康医疗数据处理的要求，即收集到的数据经过处理后无法识别特定个人且不能复原。遵循此类规定能帮助人工智能公司规避数据安全问题。

### 4.2.3 数据开放受限制

中国健康医疗数据的开放程度有限，主要体现在两方面：一是境内与境外流通的限制，二是医院与医院之间流通的限制。

在境内与境外流通的限制方面，《人类遗传资源管理暂行办法》中规定，“按照国家相关法律法规规定禁止人类遗传资源买卖，以科研为目的的人类遗传资源转移不属于买卖。出口、出境适用于将人类遗传资源转移到境外的情形”，“未经许可，任何单位和个人不得擅自采集、收集、买卖、出口、出境或以其他方式对外提供”。该条例限制了国内医疗卫生机构与外资开展合作，具有隐性商业壁垒，无形中使得国内人工智能医疗研发在国际合作中处于不利地位。2018年10月24日，科技部官网首次公开6条涉及人类遗传资源的行政处罚，涉及深圳华大基因、复旦大学附属华山医院、苏州药明康德、昆皓睿诚、厦门艾德生物、阿斯利康这6家单位，主要原因是这6家单位均违反了《人类遗传资源管理暂行办法》、《中华人民共和国行政处罚法》等有关规定，违规采集、收集、买卖、出口、出境人类遗传资源。

在医院与医院流通的限制方面，我国大部分医院的数据都是独立存在的。90%以上的医疗服务都是在公立医疗机构，尤其是大医院中进行的，大部分健康医疗数据存储其中，具有很高的开发价值。但在目前的中国医疗体制下，医疗卫生机构很难有动力去开放这些数据。《“健康中国2030”规划纲要》的相关内容明确要求，要创建覆盖多个部门和领域的健康医疗数据共享体系。全国31个省市中，上海市在健康医疗数据共享方面处于领先水平。上海申康医院管理中心在全国率先建立了

覆盖38家市级医院的医联工程，是国内最早、规模最大的医疗健康信息共享工程。截止目前，医联工程数据中心已经为9837.85万患者建立诊疗档案，累积非影像数据达39.37TB，影像数据1.78PB。然而，这只是公立医疗机构之间的健康医疗数据开放共享，未来健康医疗数据是否会向民营医疗机构、外资医疗机构开放，以及开放程度如何、开放城市有哪些，仍然有很长一段路要走。

针对此种情况，2017年由卫健委统一牵头组织，在国家大数据办统一监管下，成立了健康医疗大数据领域的三大国家队：中国健康医疗大数据产业发展有限公司、中国健康医疗大数据科技发展集团公司和中国健康医疗大数据股份有限公司。这三大国家队的优势在于通过国家力量和产业资本的结合，能有效应对健康医疗数据互联互通的融合问题和数据共享机制问题，能着力于医疗数据的平台建设和开放工作，为医疗大数据的应用带来红利。

#### 4.2.4 数据标准不统一

我国人口众多，医疗数据丰富，但“数据大”不等于“大数据”。在医疗数据中，最重要和最常见的当属电子病历，临床医疗数据或信息主要是以电子病历的形式储存在医院中。但我国电子病历的标准不统一，很多临床用语都不够统一和规范，同病不同名的现象十分常见，比如食管癌和食道癌、阑尾炎和盲肠炎。业内医学专家表示，“我国不同地区、不同医院之间的健康数据没有建立联系，也没有统一标准，因此其价值得不到体现”。

健康医疗大数据的统一除了涉及电子病历的数据标准外，还有影像系统的数据标准问题。在现实中，超过80%的医疗大数据为影像形式，影像数据跟临床病理比较起来，它的标准化、格式化、统一性是最强的。一般大型医院的影像科都利用了PACS系统，它的作用是将不同的仪器连接起来，实现数据的往来。然而，考虑到各个企业生产的设备以及PACS系统的数据标准是不一致的，数据的交流存在诸多的障碍，这就如同来自各国的人员需要英语来统一交流。如何让这些不同国家、不同厂家的产品形成统一的标准，是一个相当大的障碍。目前世界医疗影像行业通用的是美国放射学会ACR和美国国家电器制造商协会NEMA共同制定DICOM 3.0标准，该标准将各个厂商的影像设备产生的图像格式统一起来，为数据的传输创造了极大的便利。然而，当前国内信息化厂商数量达到了几百家，相当一部分厂商不支持DICOM 3.0标准，要统一这些标准又是一项工程。

针对这一问题，2018年9月13日，卫健委制定了《国家健康医疗大数据标准、安全和服务管理办法（试行）》，该文件对健康医疗大数据的概念、内涵以及外延，还有文件的编制依据、适用范围、原则和思路等予以阐述，为各级卫生健康行政部门的权责界限予以划分，另外还对标准管理、安全管理以及服务管理进行了规范。《试行办法》将有力推动健康医疗大数据的标准规范化。

#### 4.2.5 数据伦理存争议

尽管人工智能在医学影像、辅助诊断、药物研发、健康管理、疾病预测方面取得了令人瞩目的成就，但不可否认的是，人工智能在医疗领域的应用仍然存在一系列的伦理问题。比如，人工智能如果造成了个人信息的泄露，导致了医疗事故，那么责任方是谁？人工智能医疗机器人未来如果拥有了自主意识，并且脱离人类的控制，那么人类如何应对？人工智能医疗数据的普及和应用如果造成大部分从事传统医疗工作的人员失业，引发医疗产业结构的转型，那么社会如何应对？可以说，当前医学伦理最为紧迫的任务便是解决这些问题，以便最大程度地发挥出人工智能的价值。2018年11月底引起轩然大波的“中国学者贺建奎基因编辑婴儿试验”事件被视为是伦理没有规范技术发展的典型，同时也更加表明随着人类科学技术的飞速发展，伦理必须为科技的发展划定界限。

为了弥补这方面的不足，2017年1月多位人工智能专家和商业领袖共同签署了《阿西洛马人工智能原则》。该《原则》讨论了人工智能涉及的棘手伦理问题、经济学和社会学问题，并制定了相应的原则。中国尚未建立相关的伦理审议规范，未来亟需出台该类规范，为解决当前行业中存在的伦理问题提供依据。

#### 4.2.6 数据成本代价高

如果把人工智能比喻成推动人类进步的下一个引擎，那么数据就是它的燃料。目前人工智能医疗公司获取数据的渠道分为三种：

第一种，人工智能医疗公司与医院合作科研项目。由于医院要做科研项目，公司要开发人工智能医疗产品，因此在进行数据脱敏后医院和公司可以共同研发。但通过该渠道获取的数据是未经专家进行标注的基础数据，不能直接用于训练人工智能模型。是否要向医生付费来进行数据标注，取决于人工智能医疗公司和医院的项目合作关系。

第二种，人工智能医疗公司从公开数据集下载数据。公开数据集一般是用于比赛训练的数据，从该渠道获取数据是最节约成本的方式。但国外公开数据集有一定同质化，而且由于人种差异会带来偏倚，用这些公开数据集训练的人工智能模型不一定适用于中国人群。而国内公开数据集十分缺乏，病种单一、数据集病例数十分有限。

第三种，人工智能医疗公司购买数据。虽然健康医疗数据禁止交易，但智能语音数据可以购买，如海天瑞声、慧听科技等提供带标注的语音数据库的购买服务。

总体来说，人工智能医疗公司获取数据的成本主要在数据获取和数据标注上。数据获取成本如前所述，而数据标注成本按照每家公司有10万张数据需要标注的成本来计算，人工智能医疗公司的数据标注成本为100万到1000万。

表18：AI医学影像图像标注费用举例

图像类型	标注成本（元/例）
脑部MRI（阿尔茨海默症）	>500
CT	>100
病理	30-50
眼底	<10

## 4.3 AI医疗器械审批方面

### 4.3.1 器械分类要求高

虽然人工智能医疗行业发展速度非常快，然而直到今天，国内人工智能医疗企业获取三类医疗器械注册证的数量为零，这是因为人工智能医疗产品作为一种新领域，之前并无审批此类产品的经验和标准数据库，并且由于涉及医疗行业，产品风险控制要求比其他领域更高。

2018年8月，国家药品监督管理局NMPA(National Medical Products Administration，即原CFDA)发布《医疗器械分类目录》。该文件提到“诊断功能软件风险程度按照其采用算法的风险程度、成熟程度、公开程度等为判定依据，不仅仅依据处理对象（如：癌症、恶性肿瘤等疾病的影像）为判定依据。若诊断软件通过其算法，提供诊断建议，仅具有辅助诊断功能，不直接给出诊断结论，本子目录中相关产品按照第二类医疗器械管理。若诊断软件通过其算法对病变部位进行自动识别，并提供明确的诊断提示，则其风险级别相对较高，本子目录中相关产品按照第三类医疗器械管理。”根据最新目录，目前市面上的AI医疗器械产品，大多会提供诊断结论，因此多数属于第三类医疗器械。按目前的法规，国内的AI医疗器械产品均需要通过临床试验这条评价路径，耗时较长。

美国的AI医疗器械产品的审批情况是：2018年2月，Viz.AI的Contact应用通过了FDA的审核，成为首款可以投入到临床中的适用于中风患者的人工智能诊断决策支持产品；2018年4月，基于人工智能技术评估和反映糖尿病患者视网膜病变情况的IDx-DR设备通过FDA审核；同年5月24日，Imagen公司推出的OsteoDetect软件通过FDA的审核，这一产品能够基于机器学习技术对二维X光图像进行分析，从而诊断骨折疾病。据了解，IDx花了21年才通过该审批，单就和FDA在怎样评估系统并确保它能够安全、准确应用这一点上，IDx花费了七年之久。

美国的AI医疗器械产品的审批做法是：很多通过FDA审批的医疗产品走的class II认证，即降低了要求。以IDx-DR为例，IDx-DR软件通过重新分类(denovo)路径上市。无实质等同产品上市的全新产品在美国原则上作为三类器械管理，需要通过上市前批准(PMA)路径上市。但对于非生命支持或非显著影响患者安全的中低风险产品，可以通过重新分类(denovo)路径上市，并根据产品风险水平重新分类为二类或一类。IDx-DR软件用于轻度糖网筛查，尚达不到最高风险，故作为二类器械管理。



由于中国对AI医疗器械的分类更严格，风险不明确的产品一般归为三类，因此产品上市前需要经过的审批难度更大。

### 4.3.2 标准数据库建立难

目前，除了自身提供检测报告外，人工智能公司还会邀请第三方机构进行检测。这些报告中的敏感性指标值往往都在96%以上。但是，不管是公司本身还是第三方机构，检测方法和检测报告都没有一致的标准，最终的检测结果不具有充分的可信度，并且自检报告使得“企业同时扮演运动员和裁判员两种角色”的问题更加普遍。因此，在人工智能医疗产品推向市场之前，必须对其进行严格的检测和审批，由权威的部门采用科学的手段进行检测，客观反映出产品的敏感性、准确性以及稳定性。也就是说，已经标准化并且得到行业普遍肯定的检测报告才能予以审评。

据悉，部分人工智能医疗公司已经向监管部门提交了三类医疗器械的注册申请。但由于整个行业尚处于早期阶段，仍然存在不同地区或医院的数据标准不统一、数据缺乏等问题，因此尚未有任何公司的产品在中国获批上市。比如，即使某家公司的产品在北京两家不同的医院的临床试验结果完美，但是并不能代表该产品适用于某一县级医院，甚至由于过拟合现象，导致该产品在其他医院中也无法使用。因此，现阶段监管部门正在探索如何验证医疗AI产品的鲁棒性，建立标准测试数据库。

中国食品药品检定研究院（以下简称“中检院”），作为全国医疗器械检验机构的业务指导单位、原国家食品药品监管总局医疗器械标准管理中心的主战地以及IEEE(Institute of Electrical and Electronics Engineers, 电气和电子工程师协会)批准的人工智能医疗器械工作组的召集单位，负责推动人工智能医疗器械行业相关标准的修订。此外，作为国内最为权威的检测部门，它同时也负责确定复杂医疗产品的检测方法，并对医疗AI产品进行监管。

为了引导和规范AI医疗器械产业的良性发展，中检院在2018年2月专门成立了人工智能小组，负责提出AI医疗器械产品的检测方法。该小组确定了数据集、算法的评估、临床评估、验证确认、境外相关医疗AI产品上市情况的分析研究、数据安全、注册变更等7个医疗AI产品的重点研究方向，建立了以标准数据集为主，对抗测试等7大方法为辅的技术保障体系。

目前，标准测试数据库按照病种进行建设，包括眼底和肺结节两个标准测试数据集。为了保证公平性，使建立的数据库能够得到大多数企业和机构的认可，数据

集的建立过程十分严格，必须遵循以下三个原则：（1）广泛性。数据要来自全国各地不同的医院，不能只局限于北上广深这些大城市的医学数据。（2）兼容性。以肺部图像为例，建立标准测试数据库时要考虑不同层厚的CT图像，包括5毫米图像，1-2毫米图像，甚至是亚毫米图像。（3）标准化，即医学图像的标注要标准化。为了达到这个要求，从事标准测试数据库标注的医生都是从有过医疗AI研究经历的医生中招募，并在入选之后按照标准的标注方案对其进行培训，然后才能从事医学图像的标记工作。例如，在眼底方面，从来自全国的47名医生中，筛选出准确率、稳定性均在80%~85%之间的15位医生组成专门的团队。在肺结节方面，全国范围内提出申请的肺部医生超过200位，其中有180人参加了考试，最终筛选出39名平均工作时间达到13年的医生组成专门的团队，以此控制数据偏移，最终形成没有公司痕迹、没有机器痕迹的标准检测数据库。

在中检院的推进下，标准检测数据集的建立十分迅速。眼底图像数据集的建立仅耗时3个月，肺结节数据集的建立仅耗时4个月。眼底图像标准检测数据集和肺结节标准测试数据集的整个建设时间进程如下表：

表19：眼底图像标准检测数据集建设过程

时间	眼底图像标准检测数据集建设工作
2017年12月24日	中检院公布关于召开AI标准测试数据集（眼底部分）建设会议通知。
2018年3月26日	建设完成。

表20：肺结节标准测试数据集建设过程

时间	眼底图像标准检测数据集建设工作
2018年2月	启动建设工作。
2018年4月	在全国招募肺结节图像标定专家。
2018年5月	完成上述专家的在线考试选拔和培训。
2018年6月10日	完成线下封闭标定工作，24位标定专家及15位仲裁专家共同完成625个病例的标定、仲裁及质控工作。
2018年6月15日	发出肺结节AI产品测试方案意见的征集通知，涵盖了在中检院送检的11家企业。在综合各企业反馈意见的基础上，最终形成了测试方案。
2018年6月15日	召开了肺结节标准测试数据集建设工作报告会，宣布I期数据集顺利完成建设，已可用于肺结节AI性能的检测评价。

经过多方努力，中检院建立的两个标准测试数据集包含国内临床实践以及患者特征数据，无论是从患者节点数量平均值、类型、尺寸来说，还是从数据途径多元化的角度来看，都不逊于全球著名公开训练集。而且这两个标准测试数据集属于封闭运行，符合客观、公正的原则，整个标定过程处于有效控制下。两个数据集已应用于医疗AI产品注册检验和产品性能评价。数据集的建立为医疗AI产品的临床应用打下良好的基础，为后续医疗AI产品的审评管理做好了准备。最终数据集情况如下：

表21：中检院标准数据集情况

名称	彩色眼底图像标准数据集	肺部CT影像肺结节标准数据集
病例数	6000+	600+
数据来源	10省市11家医院	9省市22家医院
成像设备	>13种眼底相机	>16种CT机型
参数设置	分辨率、图像/背景比例	管电压、管电流、剂量、层厚、层间距
入选病种	DR (5种分期) +其他疾病 (23种) +不可识别	肺内结节 (4种) +胸膜结节 (2种) +其他
标注内容	疾病分类 (以DR为主线)	肺结节检出、分类、边界分割、尺寸测量
医生来源	47人参加考试, 15人入选, 来自8省市的15家医院	185人参加考试, 39人入选, 来自13省市的25家医院
医生资质	最低为主治, 47%有高级职称, 平均10年经验	最低为主治, 57%有高级职称, 平均13年经验
标定规则	中华医学会眼底病学组、中山眼科中心等参与制订	中华医学会放射分会、上海长征医院等参与制订
医生表现	灵敏度、特异性、准确率>80%, 稳定性>85%, kappa>0.75	精确度、灵敏度、平均交并比>80%
标注控制	3标片+3仲裁	至少3标片+2仲裁

在肺结节AI产品测试方案意见的征集通知中，涵盖的送检企业共有11家，分别为健培科技、图兮深维、零氟科技、依图科技、云济科技、深睿医疗、汇医慧影、推想科技、雅森科技、点内生物、视见医疗。这些企业联合相关部门制定了三类医疗器械的检定标准，预计2019年第一家获批三类证的公司将在这11家公司中产生。

上海长征医院影像医学与核医学学科主任刘士远认为，“估计第一批用于肺结节检测的AI产品会进入临床，获得批复，进入商业环节。”据专家透露，中检院不再自建其他病种的标准测试数据集并且将放开资质，让医院、高校或企业等机构建立数据集，而中检院通过抽取部分数据进行质量控制和验证。该趋势与美国FDA在2018年10月的声明一致，“希望有中立第三方来建立标准数据库”。数据库应具有六大特性，分别为权威性（数据标注应由相应权威机构负责）、科学性（样本量、样本分布应符合统计学要求）、规范性（数据治理应建立质控程序并可追溯）、多样性（来源多个临床机构）、封闭性（应封闭管理并且样本总量远大于单次测试量）、动态性（应定期更换一定比例数据）。在病种的选择方面，建议

从科室需求强烈、人群发病率较高、后续并发症比较严重的疾病领域进行选取。除了肺结节和眼底图像，同时希望其他病种（如心血管、肝脏、骨关节、神经系统）的AI产品标准测试数据集也能够逐步建立，并陆续有产品落地。

### 4.3.3 临床三期通过难

行业专家指出，“不同于FDA在人工智能医疗器械方面有全新的加速审批通道，NMPA（National Medical Products Administration，国家药品监督管理局）目前更像是按照新药或新医疗器械审批去做，比较谨慎”。

而AI医疗器械想要走到三期临床，在可见的未来耗时会很久。

以新药的临床试验为例，新药的临床试验主要分为三期。一期主要是在少数健康志愿者中进行初步的临床药理学和人体安全性评价。二期在小范围目标适应症患者中进行，主要为初步评价新治疗手段在该类患者中的有效性和安全性，同时为三期临床试验的给药剂量和方案设计提供依据。三期在更大范围的目标适应症患者中进行，是成本最高、难度最大的一个阶段，主要是为进一步评价新治疗手段的有效性和安全性，同时为该治疗手段注册申请的审查提供依据。除此之外，还有临床前期试验（动物实验模型）和四期临床试验（新药推出后进行的后续研究）。

医疗AI产品研究的上市过程与新药临床试验过程类似，关键区别在于医疗AI产品试验在一期和二期无需考虑安全性，直到三期，试验才会应用于患者。

一期试验中，需要运用前文提到的国家标准测试数据库，验证医疗AI产品的精准度。

二期试验中，受试患者很可能达到数万人甚至更多，这一数字至少是传统新药二期试验患者人数的2倍，大规模受试者主要用于形成阵列来满足机器学习训练和测试。举例来说，谷歌诊断糖尿病视网膜病变的系统是目前唯一正式通过二期试验的医疗AI产品。这一系统是基于1万个案例以及1.3亿图片的训练后推出的。它在试验中的表现达到了医学专家的水平，而且其误差并未超过可接受范围，这是进一步进行三期医疗试验的条件和前提。未来，中国的人工智能医疗企业可能会被要求做多中心试验，以在不同级别、区域的医院中进行验证，虽然单个患者的试验成本可能比新药试验更低，但是患者数量成倍的增长，对企业资金的考验很大。

三期是为了在真实医疗环境下进行随机双盲对比试验（与医生进行背靠背的对照对比）来证实其临床效果，即了解人工智能能否在特定的条件下准确地处理各种



治疗任务。FDA要求人工智能判断准确率需要在99%以上，甚至更为精准。考虑到属于前瞻性研究，所以需要在长时间内进行随访，才可以发现更多的问题。以针对心脏病的医疗AI产品为例，通常随访时间达到好几年才可以发现其中的瑕疵。从三期到成为成熟的医疗产品，可能需要两到五年。

但遗憾的是，目前全球几乎没有任何人工智能医疗临床研究能够通过三期试验。只有18%的临床试验通过了二期，而在所有进入到三期的临床试验中，成功率不到50%。

虽然NMPA和FDA的监管思路是一致的，然而其门槛却存在差异。FDA能够基于客观、真实的数据做出监管决策，而且早已建成了临床数据库，从而为临床实验以及临床评价提供依据。中检院的专家提到，并非每一项FDA产品在上市之前必须完成临床实验，只要数据集中的数据是真实客观的，并且能够用于临床评价，就能够通过前瞻性、回顾性临床试验进行临床评价。中国AI医疗器械审批更关注人工智能软件信息的安全性和兼容性。

根据数据收集的方式，临床研究分为前瞻性数据收集的研究和回顾性数据收集的研究。前瞻性数据收集的研究是指预先制定研究方案，并且根据研究方案收集未来的数据。回顾性数据收集的研究则是指制定研究方案后，回顾性地收集过去的数

表22：前瞻式临床和回顾式临床区别

研究类型	研究特点	优点	缺点
前瞻式临床	收集的是将来的数据	能较好地控制数据质量，研究的说服力强	研究产出周期较长，花费较高
回顾式临床	收集的是过去的数	研究产出周期短，且花费极低	局限性大、标准不统一

业内专家指出，之前我国采用的是前瞻性研究。而在2018年12月25日的“人工智能类医疗器械注册申报公益培训”上，NMPA发布新方案，为鼓励创新并降低临床试验成本，临床试验可使用回顾性数据。这无疑是一项重大突破，对于企业的研究成本和时间成本是一项重大利好。该方案同时要求，回顾性数据应在设计时考虑并严格控制偏倚问题，原则上应当包含多个不同地域临床机构（非训练数据主要来源机构）的同期数据。

国家局审评中心《深度学习辅助决策医疗器械软件审评要点》即将进入征求意见。放眼国际，中美对AI医疗器械产品的审评要点在思路基本一致。FDA以来自真实世界的数据集为第一指标，探索使用第三方收集大型有注释的成像数据集。我国目前作为医用软件的通用指导原则有三个，包括《医疗器械软件注册技术审查指导原则》、《移动医疗器械注册技术指导原则》及《医疗器械网络安全注册技术审查指导原则》。目前，我国绝大数申报中检院检测的AI医疗器械产品都是软件类的，未来有软硬件结合的趋势。中检院主要采取标准数据的方法对产品进行评价，下一步将运用模拟对抗、体模测试以及软件性能测试等方法对产品进行评价。

**表23：美国FDA对AI医疗器械的临床研究处理方式**

产品名称	用途	类别	FDA对非临床测试的体现	FDA资料对临床的介绍
ContaCT Application	分析脑部大血管阻塞的风险 (CT)	De Novo	在标准性能测试集上计算过ROC	300例回顾式临床
IDx-DR	糖网筛查	De Novo	未见非临床测试内容	900例前瞻式临床
OsteoDetect	X线骨折检测	De Novo	使用测试集 (1000张临床图像) 进行非临床性能测试	200例回顾式临床

这里仍以IDx的IDx-DR软件做的临床研究为例。

**表24：IDx-DR的临床研究**

研究时间	研究类别	研究对象	研究用途/结果
2012年-2014年	多中心随机对照前瞻性临床研究	纳入5家临床机构，入组600名18岁以上男女糖尿病患者	用于比较IDx-DR软件与眼科专家区分轻度及以下和中重度糖网的能力。
2017年	多中心非随机横断面前瞻性观察性临床研究	共纳入10家基层临床机构，入组900名22岁以上男女糖尿病患者	用于产品在美国的注册申报。IDx-DR软件自动检测结果的敏感性为87.4%，特异性为89.5%。

IDx-DR软件的上市过程体现了美国FDA对于以深度学习为代表的新一代人工智能技术的监管思路：以临床需要为导向，秉持风险控制原则，促进产品和技术创新。IDx-DR软件预期供基层医疗机构非眼科专业的医护人员使用，能够有效解决美国糖网筛查资源不足的问题。同时，IDx-DR软件仅用于一部分成年糖尿病患者轻度糖网

症状的筛查，风险相对不高，尽管是全新产品仍可按二类器械进行管理，但上市批准主要基于临床研究结果，并采取了必要的风险控制措施，如严格限定联用眼科相机为拓普康NW400等。另外，IDx-DR软件作为突破性产品，美国FDA与IDx公司进行了多次沟通交流，促进了产品上市进程。

#### 4.3.4 动态评价应对难

AI医疗软件存在后续迭代更新、不断完善的问题，FDA允许公司后续对产品进行微调，无需每次均要提交新的审查内容。进一步地，FDA提出预认证的监管方法，即不再专注单个产品，而是应用预认证的方法来审查开发公司资质。由于产品性能、算法模型、应用界面在快速迭代、不断完善，AI医疗器械产品更新速度快。在没有新的动态评价出台前，应用传统增项或者升级审批的流程来进行评价，每次均要提交新的审查内容，对企业和政府机构都是一个耗时耗力的过程，显然无法满足行业的发展需求。为此FDA针对快速迭代的人工智能软件制定了Pre-Cert计划 (Software Precertification Pilot Program)，可以允许公司对其进行微小更改，不必每次都提交审核申请。而且，FDA确保监管框架的其它方面（如新的软件验证工具）具有足够的灵活性，即不针对单个产品，而是应用预认证方法来进行审查、以符合这个迅速发展领域的特殊属性。

2018年12月25日，中检院发布新方案，提出“针对重大软件更新，对许可事项变更进行监管；针对轻微软件更新，属于质量体系控制，无需申请注册变更”。在如何判定“重大软件更新”方面，NMPA给出明确规定，“算法驱动型软件更新通常属于重大软件更新；数据驱动型软件更新若导致算法评估结果发生显著性改变（与前次注册相比），则属于重大软件更新；其他类型重大软件更新的判定准则详见软件指导原则、网络安全指导原则”。

在传统医疗器械领域，由于中国起步晚，监管差异与美国较大，而在人工智能医疗器械领域，中美几乎在同一时点起步，监管思路非常接近，彼此之间值得相互借鉴。

## 4.4 人工智能理论方面

尽管人工智能的应用范围十分广泛，但多数结论经由经验而来、缺乏理论支撑和解释，面临着“黑盒子”问题，有可能会导导致严重的问题。举例来说，2016年芯片制造商英伟达开发了无人驾驶汽车，这辆汽车和正常的车在外观上看来毫无差别，但它奇妙之处在于它能观察人类司机的操作方式，然后按照特定的算法进行学习。汽车具备这样的能力，让人感到十分惊奇，但也会令人不安，因为人类无法知晓它是怎样作出决策的。无人驾驶汽车行驶原理是：布置在车身上的传感器采集相关的信息，并交由人工神经网络处理，据此产生指令，发送给方向盘、刹车等执行部件。这个过程听起来合理，但若其作出错误的决策和操作，比如撞击栏杆，或在红灯时继续行驶，该怎么办？就目前的现状而言，发生这种错误行为的原因难以找到。人工智能系统非常复杂，即便是其设计者也对具体行动的逻辑不太清楚。同理，医学人工智能诊断系统也很难给出决断的原因解释，如果有朝一日它给出错误的诊断，后果将不堪设想。

## 4.5 AI医疗行业应用方面

近一两年，人工智能医疗产业越来越成熟，从前期比拼科研论文数量、比拼比赛结果转变为更加关注业务的落地。

### 4.5.1 AI医学影像、辅助诊断、疾病预测

AI医学影像、辅助诊断、疾病预测的产品主要服务于医院或其他医疗机构。就产品而言，尽管目前尚未有任何一款AI医疗器械通过审批，但从中检院的系列动作、行业相关专家的评论以及美国FDA的利好倾向来看，中国首款AI医疗器械很有可能于2019年问世，未来行业的审批也会加快步伐。

产品背后是市场，随着数据的持续积累、算法的进一步成熟，商业模式历经前期的探索也愈发清晰。

目前来看，就AI医学影像而言，可行的商业模式包括两种：一是与区县级基层医院、民营医院、第三方检测中心等合作，提供影像资料诊断服务，并按诊断数量收取费用。也就是说，与医院方共同提供医学影像服务并采取分成模式；二是与大型医院、体检中心、第三方医学影像中心及医疗器械厂商合作，提供技术解决方案，一次性或者分期收取技术服务费。

目前国内的人工智能医学影像产品大多集中在疾病筛查领域，主要通过读片来判断用户是否患病。这些产品虽然能够减轻医生的工作量，也能提高医生的诊断准确率，但对于医疗机构来说，并不是刚需。此外，产品的假阴性十分重要，即使存在1%的漏诊也关乎人命，而且就算只存在1%的漏诊，医生仍需要将所有片子都重审一遍。因此只有解决假阴性问题，这样才能帮助医生省时省力。

如上所述，由于人工智能医疗对医院来说还不是刚需，因此医院的付费意愿并不强烈。未来在患者付费习惯的培养、政府医保政策的完善上还有很长一段路要走。目前部分医院已在收费模式上做出探索。2017年10月，安徽省立医院通过了AI医学影像三维重建的收费标准，即“接受患者委托，在提供医学影像服务（磁共振扫描、CT扫描、超声检查影像）时，利用人工智能医学影像辅助诊断系统进三维重建的，每次收取20元”。2018年8月，浙江大学医学院附属邵逸夫医院通过了AI辅助诊断收费标准，即“（特需）人工智能辅助多学科疑难病联合诊治，6500元/次”。



目前国内智能医疗企业大多是做软件系统起家。做软件的盈利模型一般为两种：一是卖给医院，向医院收取年费；二是与医院合作，按患者人头收费。但这两种盈利模式的财务模型究竟如何，现在还不得而知。随着主流的几家企业拿到认证，开始进入市场化阶段，国内医疗器械大厂很有可能会伸出“橄榄枝”，谋求合作或并购。对初创企业而言，两者的结合能够借助医疗器械厂商的资源和软硬件一体化的高附加值服务，快速找到创收的路径；对医疗器械厂商而言，两者的结合能够使产品附加值更高，还能提升企业技术实力和市场竞争力。不过，初创企业是否需要自己做硬件还是一个值得好好思考的问题。在医疗器械市场，真正赚钱的不是卖多少台设备，而是耗材，做硬件的好处便是能够依托耗材赚钱。以兰丁高科为例，2017年除了销售细胞DNA自动检测分析仪外，主要依靠细胞固定剂、染色剂、一次性使用宫颈刷等耗材收入近亿。此外，许多做to C端的基因测序服务的企业，主要盈利点也在于体液采集器。但是硬件的生产对于企业而言资产相对较重，并且不一定符合每个领域的情况，所以需要慎重考虑。

除此之外，未来应用场景是在大医院、基层医院还是体检中心，这一点并不清晰。目前的数据标注和临床试验多是在三甲医院开展，因此人工智能对三甲医院医生起到的辅助作用并不强。考虑到基层医院医生水平有高有低，未来人工智能医疗的主要应用场景是：基层医院或第三方体检中心以辅助筛查和辅助诊断为主，三甲医院以提高医生工作效率为主。

#### 4.5.2 AI健康管理

在AI健康管理方面，以单位和个人支付的健康体检为主，包括健康评估和健康促进等，后续健康管理服务尚未完全普及，造成这一局面的很大原因在于支付体系的不完善。健康管理服务模式源于国外的健康保险公司，通过健康管理达到风险管控的目的，将严重性疾病的发病率控制在较低的范围内，帮助客户保持健康，从而帮助保险公司节省赔付开支。现今，国内的数据模型无法准确地反映出健康管理的成本与收益，健康保险公司在健康管理方面主要聚焦于健康体检服务。考虑到高风险人群的健康管理成本更高，会导致保险公司承受巨大的支出。因此，很少有保险企业推出健康管理服务，这是健康管理业务难以全面推广开来的直接原因。

如今，人工智能公司的盈利模式已经成型，单纯的健康管理从C端获取的利益是非常有限的，因此应该将主要的关注点放在B端上，沿着B端到C端的方向，输

出以健康管理为核心的综合医疗健康服务。比如，以往企业容易忽视员工的健康管理，而现在这一问题受到了更多企业管理者的重视，很多企业在员工健康管理方面投入了一定的成本，比如与保险公司进行合作，从而让员工能够享受到健康管理、保障、医疗等方面的服务。未来AI健康管理行业还需培养民众的健康管理意识和付费习惯。

### 4.5.3 AI药物研发

目前AI药物研发的模式主要为技术公司与大型药企、医药研究机构之间的开展合作，商业模式清晰，付费方多为药企。不过，药物研发领域提供给人工智能进行学习的数据量并不多，是目前困扰该行业发展的主要障碍之一。

根据《自然药物研发评论》（Nature Reviews Drug Discovery）2016年的数据，被FDA批准的1578个药物中，总共涉及的靶点数是667个。成功的靶点、化合物、晶型非常稀少，并不构成“大数据”。如果没有足够的数据量，那么很难有好的人工智能算法。此外，数据质量也制约了AI药物研发的发展。药物研发领域涉及的数据极为复杂并且难以判别，海量的文献同时意味着质量的参差不齐，可能存在相当多的不可重复的实验数据和结论，对数据进行结构化处理的难度就非常大，大大影响了筛选结果。

目前创新医药科技公司获取数据的途径主要有三种：开源数据库，自身技术平台产出的数据，与其他公司、机构合作项目获取的数据。在国外，AI技术公司、药企、研究机构三者之间有较强的合作机制，大致为集合药物研发不同环节有所建树的企业，以最优化的资源配置高效地进行药物研发，且各机构共享相对开放的数据。国内未来也可能形成相似的合作机制。总的来说，如果想在药物研发领域“跑马圈地”，先要完成数据的原始积累，然后进一步优化系统与算法，再继续产出新的优质数据，形成一个良性闭环，才能拥有向上下游拓展业务的资格。

## 5. 对中国AI医疗行业的发展建议

### 5.1 整体层面

#### 5.1.1 弥补人才短板

人工智能医疗领域是人工智能和医疗两个专业性极强的领域的结合，人才是第一生产力要素，从整体层面考虑，建议如下。

第一，着力培育人工智能医疗复合型人才，一方面鼓励“高校-医院-企业”通过合作、交流、培训等方式培养人工智能医疗战略型、复合型人才，一方面引入兼具人工智能技术和医学知识的复合型跨界专家回国工作。

第二，加强医院医务人员对相关医疗AI产品的使用培训，确保医疗AI产品能更好地服务于临床实践。

第三，支持人工智能领域和医疗领域的跨界交流活动，如学术会议、行业沙龙等。

第四，完善人才保障制度，针对人工智能人才的落户、住房、继续教育、医疗方面进行配套补助，减轻人工智能企业的人才成本压力，更好地吸引人才、留住人才。

#### 5.1.2 解决数据难题

第一，建立统一的电子病历标准并推广、统一临床用语，鼓励影像设备厂商支持DICOM 3.0标准，推进医疗数据电子化、标准化进程，形成规范可用的医疗健康大数据。

第二，促进科室与科室之间、医院与医院之间、地区与地区之间的数据共享流通。

第三，强化健康医疗数据隐私保护建设，加强监督管理，避免数据泄露风险。

第四，推动人工智能医疗领域行业专家交流，形成行业伦理规范，促进人工智能医疗领域的良性发展。

第五，推动公立医院联网，逐步建立更多完整、高质量、标注好的单病种数据库、建立多病种关联的数据库。

### 5.1.3 助力审批工作

第一，鼓励中立第三方建立标准公开、覆盖更多疾病领域的数据集，结合自身资源优势 and 临床需求，建立如消化道、心血管、肝脏、骨关节、神经系统等病种的数据集。

第二，强化对第三方智库、卫生技术评估(HTA)机构的有效利用，组合多种技术力量为政府对AI医疗设备的审批提供智力支持。

第三，加强监管部门与企业之间的沟通如会议交流、培训学习等，加强中美监管部门的交流学习，探索AI医疗器械的科学审评审批模式。

### 5.1.4 探索理论黑洞

人工智能难点在于它只能根据输入信息输出结果，而不能像人类一样“理解”。未来可探索“人工智能+人类智能”，兼顾流程性分析和理解创造。

### 5.1.5 推动行业应用

第一，鼓励将医疗AI产品和服务纳入财政收费体系，探索试点部分收费项目。

第二，鼓励“研究院-企业-医院”合作产品，使产品更快、更准、更安全地切入临床需求。

第三，鼓励形成多元化“技术-产品-应用”组合，促进产品更好地结合现有技术产业链上各环节进行落地应用。

第四，鼓励临床医生参与医疗AI产品的思路设计、研发讨论、使用培训和经验交流，促进产品从实际临床需求出发进行设计开发，并促进产品高效落地。

## 5.2 上海层面

本报告立足上海，对于上海如何科学发展人工智能医疗领域提出如下建议。

### 5.2.1 弥补交叉人才短板

上海人工智能领域和医疗领域不乏人才。全国约有三分之一的人工智能人才集聚上海，并且上海在计算机视觉、语音识别、脑智工程领域处于全国领先的地位，

复旦、交大等著名高校不断地向社会输送人工智能人才。在医疗领域，依托于瑞金、华山、中山等全国顶尖医院，以及张江药谷成熟的医疗产业，上海医疗领域十分活跃，人才济济。但是，上海在人工智能医疗交叉人才方面存在短板。

因此，在人工智能医疗人才的培养上，建议依托上海高校培育人工智能医疗复合型人才，由政府引导，着力建设高校医工交叉、医院临床转化和IT企业及医药企业人才成长的协作生态，引入人工智能医疗复合型人才来上海工作，支持人工智能领域和医疗领域的跨界交流活动，如学术会议、行业沙龙、学科竞赛等。

### 5.2.2 破解医疗数据难题

在破解医疗数据难题上，建议立足于上海丰富的医疗数据资源，充分发挥申康医联临床信息共享平台数据汇集的先行优势，建设以患者为中心的多病种临床数据中心，探索患者隐私保护和数据安全技术，梳理健康医疗数据资源目录体系，制定分类、分级、分域开放应用政策规范，联合联影、依图等企业积极构建面向人工智能医疗训练和测试的高质量基准库，助力AI医疗器械产品的审批工作。

### 5.2.3 鼓励制药行业参与

2018年9月，上海本土研发的国内首个抗肿瘤新药呋喹替尼获批上市，填补了我国这一领域的空白。人工智能在药物研发上发挥着越来越重要的作用，因此建议政府牢牢把握上海张江药谷的药物研发核心优势，聚焦上海生物医药等优势重点领域，鼓励制药企业与研究院、医院合作研究，利用人工智能技术加速上海医药产业发展的高端化、智能化和国际化，取得更多上海“呋喹替尼”自主研发成功上市的成就。

### 5.2.4 加强医药监管职能

在医药监管上，建议依托上海健康信息平台，利用互联网和大数据技术开发医药智能监管系统，建立风险预警和评估机制，加强医疗卫生行业的综合监管，降低药物不良事件，利用智能监管技术提高医药监管安全系数。



### 5.2.5 发展医用传感技术

上海是全国老龄化程度最深的城市，也是有名的长寿之城，针对老人的健康管理、养老保健有极大的市场发展空间。同时，上海还高度重视儿童的身心健康发展，儿童糖尿病、儿童自闭症等问题。因此，上海可紧紧围绕老人、儿童这两大群体，重点发展医用传感技术、带动相关集成电路产业发展，针对儿童和老人的身体情况（如糖尿病）和心理情况（如自闭症、抑郁症）研发能够实现远程实时监控的可穿戴智能医疗设备。

## 6. 附录

### 6.1 中国人工智能医疗政策

#### 6.1.1 国家层面

##### **(1) 2015年5月，国务院发布《中国制造2025》**

2015年5月，国务院发布《中国制造2025》指出“加快推动新一代信息技术与制造技术融合发展，把智能制造作为两化深度融合的主攻方向；着力发展智能装备和智能产品，推进生产过程智能化，培育新型生产方式，全面提升企业研发、生产、管理和服务的智能化水平。”

特别地，在生物医药及高性能医疗器械领域，要应用过程分析技术、自动化和信息化程度高、满足高标准GMP要求的无菌原料药制造成套设备；注射剂高速灌装联动智能成套装备；高速口服固体制剂智能成套设备；中药高效分离提取智能成套装备；缓控释等高端剂型智能生产成套设备；高速智能包装设备；数字化影像设备；全自动生化免疫检验成套装备；远程监护和远程诊疗设备。

##### **(2) 2015年7月，国务院《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》**

2015年7月，国务院发布《关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》（下称《意见》）。至2015年，我国在互联网技术、产业、应用以及跨界融合等方面已取得了积极进展，为顺应世界“互联网+”发展趋势，充分发挥我国互联网的规模优势和应用优势，《意见》提出开展……“互联网+”人工智能等十一项重点行动。

《意见》将人工智能作为“互联网+”的十一个重点布局领域之一，特别指出要加快人工智能核心技术突破，培育发展人工智能新兴产业，推进智能产品创新，提升终端产品智能化水平。特别地，《意见》提倡要大力发展线上线下基于互联网的医疗、健康、养老、社会保障等新兴服务。

##### **(3) 2016年3月，全国人大《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》**

2016年3月，全国人大发布《中华人民共和国国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》，提出“重点突破大数据和云计算关键技术、自主可控操作系统、高端工业和大型管理软件、新兴领域人工智能技术。”

#### **（4）2016年5月，发改委《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》**

2016年5月，为贯彻落实《国务院关于积极推进“互联网+”行动的指导意见》，国家发改委、科技部、工业和信息化部、中央网信办四部委联合发布了《“互联网+”人工智能三年行动实施方案》（下称《实施方案》），这是我国首次单独为人工智能发展提出具体策略方案。

在政策中，《实施方案》支持在健康医疗等重要领域开展人工智能应用试点示范，开展应用服务创新示范，鼓励企业面向健康、医疗、人身安全等领域，积极开展差异化细分市场的需求分析，促进应用人工智能技术的创新。

#### **（5）2016年6月，国务院《关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的指导意见》**

2016年6月，为贯彻落实《国务院关于印发促进大数据发展行动纲要的通知》，顺应新兴信息技术发展趋势，国务院提出了《关于促进和规范健康医疗大数据应用发展的指导意见》（下称《意见》），规范和推动健康医疗大数据融合共享、开放应用。健康医疗大数据是国家重要的基础性战略资源，《意见》将健康医疗大数据应用发展纳入国家大数据战略布局，提出大力推动政府健康医疗信息系统和公众健康医疗数据互联融合、开放共享，通过“互联网+健康医疗”探索服务新模式、培育发展新业态，努力建设人民满意的医疗卫生事业。

《意见》将夯实健康医疗大数据应用基础、全面深化健康医疗大数据应用、规范和推动“互联网+健康医疗”服务、加强健康医疗大数据保障体系建设作为重点任务，根据这四个方部署了14个重大工程。

#### **（6）2016年8月，国务院《“十三五”国家科技创新规划》**

2016年8月，国务院发布了《“十三五”国家科技创新规划》（下称《规划》）。在全球新一轮科技革命和产业变革蓄势待发的大背景下，《规划》正确指出人工智能、信息网络等新兴领域呈现群体跃进态势，颠覆性技术不断涌现，新经济、新产业、新业态、新模式应运而生。

《规划》在发展新一代信息技术中指出，在生物和健康领域，形成涵盖重大疾病防治、基础健康保障服务和前沿医疗技术突破的整体布局；在发展人口健康技术中重点发展精准医学关键技术，把握生物技术和信息技术融合发展机遇，建立多层次精准医疗知识库体系和国家生物医学大数据共享平台，重点攻克新一代基因测序技术、大数据融合分析技术等精准医疗核心关键技术，推动医学诊疗模式变革。

### **(7) 2016年9月，工信部和发改委《智能硬件产业创新发展专项行动（2016-2018年）》**

2016年9月，为深入贯彻供给侧结构性改革和创新驱动发展战略，提升我国智能硬件共性技术和高端产品的供给能力，工业和信息化部、国家发展和改革委员会联合制定《智能硬件产业创新发展专项行动（2016-2018年）》，其中提出要重点发展智能医疗健康设备，“面向百姓对健康监护、远程诊疗、居家养老等方面需求，发展智能家庭诊疗设备、智能健康监护设备、智能分析诊断设备的开发及应用。鼓励终端企业与医疗机构对接，着力提升产品质量性能及数据可信度，加强不同设备及系统间接口、协议和数据互联互通，推动智能硬件与数字化医疗器械及相关医疗健康服务平台的数据集成。”

### **(8) 2016年11月，国务院《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》**

2016年11月，国务院根据“十三五”规划纲要有关部署，特编制《“十三五”国家战略性新兴产业发展规划》，规划期为2016到2020年。其中提出，“发展智能化移动化新型医疗设备。开发智能医疗设备及其软件和配套试剂、全方位远程医疗服务平台和终端设备，发展移动医疗服务，制定相关数据标准，促进互联互通，初步建立信息技术与生物技术深度融合的现代智能医疗服务体系。”

### **(9) 2017年1月，国家卫生计生委《“十三五”全国人口健康信息化发展规划》**

2017年1月，为指导和规范“十三五”期间我国人口健康信息化工作，国家卫生计生委制定了《“十三五”全国人口健康信息化发展规划》（下称《规划》），旨在指导人口健康信息化建设和推动健康医疗大数据应用发展。《规划》指出信息技术对健康医疗事业的影响日趋明显，以大数据、云计算、移动互联等新兴信息技术为核心的新一代科技革命，推动了人口健康信息化和健康医疗大数据应用发展。

《规划》将夯实人口健康信息化和健康医疗大数据基础、深化人口健康信息化和健康医疗大数据应用、创新人口健康信息化和健康医疗大数据发展作为主要任务，提出建设全民健康保障信息化、健康医疗大数据应用发展、基层信息化能力提升、智慧医疗便民惠民、健康扶贫信息支撑的重大工程。

### **(10) 2017年3月，国务院《2017年政府工作报告》**

2017年3月，国务院发布的《2017年政府工作报告》，提出“加快培育壮大新兴产业。全面实施战略性新兴产业发展规划，加快新材料、新能源、人工智能、集成电路、生物制药、第五代移动通信等技术研发和转化，做大做强产业集群。大力改造提升传统产业。

深入实施《中国制造2025》，加快大数据、云计算、物联网应用，以新技术新业态新模式，推动传统产业生产、管理和营销模式变革。把发展智能制造作为主攻方向，推进国家智能制造示范区、制造业创新中心建设，深入实施工业强基、重大装备专项工程，大力发展先进制造业，推动中国制造向中高端迈进。”

### **（11）2017年7月，国务院《新一代人工智能发展规划》**

2017年7月，为引领世界科技创新潮流和抢抓人工智能发展的重大战略机遇，国务院发布《新一代人工智能发展规划》（下称《规划》）。《规划》是我国在人工智能领域进行的第一个系统部署文件，是关系我国全局和长远发展的前瞻谋划，也是面向未来打造我国先发优势的一个指导性文件。

《规划》中提出六大重点任务：……建设安全便捷的智能社会……前瞻布局新一代人工智能重大科技项目。其中特别提出发展便捷高效的智能服务，围绕医疗等迫切民生需求，加快人工智能创新应用，使精准化智能服务更加丰富多样，社会治理智能化水平大幅提升。《规划》提出发展智能医疗：“推广应用人工智能治疗新模式新手段，建立快速精准的智能医疗体系。探索智慧医院建设，开发人机协同的手术机器人、智能诊疗助手，研发柔性可穿戴、生物兼容的生理监测系统，研发人机协同临床智能诊疗方案，实现智能影像识别、病理分型和智能多学科会诊。基于人工智能开展大规模基因组识别、蛋白组学、代谢组学等研究和新药研发，推进医药监管智能化。加强流行病智能监测和防控”。

### **（12）2017年10月，十八届中央委员会《中国共产党第十九次全国代表大会的报告》**

2017年10月，习近平在中国共产党第十九次全国代表大会上作报告，指出“加快建设制造强国，加快发展先进制造业，推动互联网、大数据、人工智能和实体经济深度融合”。

### **（13）2017年12月，工信部《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划》**

2017年12月，为落实《新一代人工智能发展规划》，深入实施“中国制造2025”，推动人工智能和实体经济深度融合，工信部发布《促进新一代人工智能产业发展三年行动计划》（下称《行动计划》）。

《行动计划》中重点要求培育智能产品，发展智能控制产品，培育智能理解产品，推动智能硬件普及，推动智能产品在医疗等领域的集成应用。《行动计划》着重要求在医疗影像辅助诊断系统领域取得重大突破，提出扩大医疗影像辅助诊断系统等临床应用的行动目标：“推动医学影像数据采集标准化与规范化，支持脑、肺、眼、骨、心脑血管、乳腺



等典型疾病领域的医学影像辅助诊断技术研发，加快医疗影像辅助诊断系统的产品化及临床辅助应用”。

#### **（14）2018年3月，国务院《2018年政府工作报告》**

2018年3月，国务院发布《2018年政府工作报告》，指出“做大做强新兴产业集群，实施大数据发展行动，加强新一代人工智能研发应用，在医疗、养老、教育、文化、体育等多领域推进“互联网+”。加快发展现代服务业。发展智能产业，拓展智能生活，建设智慧社会”。

#### **（15）2018年5月，国务院《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》**

2018年5月，为推进实施健康中国战略，提升医疗卫生现代化管理水平，满足人民群众日益增长的医疗卫生健康需求，国务院发表《关于促进“互联网+医疗健康”发展的意见》（下称《意见》）。《意见》从健全“互联网+医疗健康”服务体系、完善“互联网+医疗健康”支撑体系、加强行业监管和安全保障这三个方面，提出了推进“互联网+”人工智能应用服务等十四个促进“互联网+医疗服务”发展的意见。

为顺应国务院《新一代人工智能发展规划》和响应将人工智能应用于跨行业与跨领域中的需要，建立在较为广泛的大数据、云计算和移动互联网的应用上，《意见》将推进“互联网+”人工智能应用服务作为重点发展方向。提出研发基于人工智能的临床诊疗决策支持系统，开展智能医学影像识别、病理分型和多学科会诊以及多种医疗健康场景下的智能语音技术应用，加强临床、科研数据整合共享和应用，支持研发医疗健康相关的人工智能技术、医用机器人、大型医疗设备、应急救援医疗设备、生物三维打印技术和可穿戴设备等。

### **6.1.2 省级层面**

#### **（1）2016年2月，贵州省经信委《贵州省“互联网+”人工智能专项行动计划》**

2016年2月，贵州省经信委发布《贵州省“互联网+”人工智能专项行动计划》，提出深入推进互联网与我省机器人、智能家居、智能终端、智能监控、智能医疗等领域深度融合，加快人工智能核心技术突破，进一步培育发展人工智能新兴产业，推进重点领域智能产品创新。

#### **（2）2017年9月，贵州省人民政府《智能贵州发展规划（2017-2020年）》**

2017年9月，贵州省人民政府发布《智能贵州发展规划（2017-2020年）》，提出到2020年，全省两化融合发展总指数达到75，在经济社会各领域开展100个智能化应用示范项目，引入或培育10家大数据或人工智能独角兽企业。

### **（3）2016年11月，重庆市人民政府《重庆人工智能专项》**

2016年11月，重庆市《重庆人工智能专项》提出，重庆启动一批重大主题专项，每个专项投入财政科研奖金100—1000万元，总投资10亿元以上，吸引社会资本和金融资本100亿元以上，吸引核心企业、高校、园区等创新实体投入1000亿元以上。

### **（4）2017年9月，北京中关村委员会《中关村国家自主创新示范区人工智能产业培育行动计划（2017-2020年）》**

2017年9月，为落实《中关村国家自主创新示范区发展建设规划（2016-2020年）》，发挥中关村国家资助创新示范区引领示范作用，北京中关村管委会发布《中关村国家自主创新示范区人工智能产业培育行动计划（2017-2020年）》（下称《行动计划》），是对国务院2017年7月发布的《新一代人工智能发展规划》的有力呼应。

《行动计划》提出了“5566”重点任务布局，即着力突破五类关键核心技术、建设五大开放创新平台、开展六项行业应用示范、实施六类政策，全力构建全球顶尖的产业生态。《行动计划》在实施人工智能创新应用示范工程方面提出开展智能医疗等公共服务示范工程。

人工智能核心算法是《行动计划》中重点支持的关键核心技术之一，包括计算机视觉、语音识别、自然语言处理、生物特征识别、新型人机交互、自主决策控制等算法和新算法以及生物特征识别相关算法技术，为发展人工智能应用及系统集成技术在医疗等行业深度融合发展提供了相关算法和技术支持，为开展智能医疗示范工程进行智能影像识别、生物识别、自然语言处理、深度学习等提供了理论和技术基础。《行动计划》支持的对象主要有致力于人工智能领域的高新技术企业，开展人工智能技术和产品研发的高校、院所、新型研发机构等科研机构，服务于人工智能行业的各类专业机构等，《行动计划》支持的智能医疗示范工程和人工智能关键核心技术，促进了相关企业医院建立医学成像系统、医学图片处理系统，构建医学知识图谱和人工智能辅助诊断系统。

### **（5）2017年12月，中共北京市委、北京市人民政府《北京市加快科技创新培育人工智能产业的指导意见》**

2017年12月，为深入贯彻落实国家关于发展新一代人工智能的决策部署，进一步提升北京市新一代人工智能科技创新能力，中共北京市委、北京市人民政府发布《北京市加快科技创新培育人工智能产业的指导意见》（下称《意见》）。

《意见》提出了建立人工智能创新体系、打造人工智能产业集群、加快人工智能融合应用、夯实人工智能产业发展基础的主要任务。其中，特别提出要攻克新一代人工智能前沿核心技术，以自然语言与语音处理技术、知识计算引擎与知识服务技术等为重点，围绕医疗等民生需求，加快人工智能创新应用，提高民生服务的智能化水平，为公众提供个性化、多元化、专业化、精准化、高品质服务。

2017年12月27日，北京市科学技术委员会指出，北京人工智能研究基础深厚，聚集了一批人工智能骨干研究单位，拥有10余个国家重点实验室，神经网络芯片、计算机视觉等人工智能关键技术国际领先。并且，身为首都的北京拥有北京协和医院、北京大学第一医院、北京大学人民医院、首都医科大学附属天坛医院、首都医科大学附属北京同仁医院等一批医疗设备先进、医疗措施健全的医院，因此，北京具备发展“人工智能+”医疗的良好优势，引领我国乃至世界的人工智能医疗发展潮流。

#### **（6）2017年10月，江西省人民政府《关于加快推进人工智能和智能制造发展若干措施**

2017年10月，江西省人民政府发布《关于加快推进人工智能和智能制造发展若干措施》，明确人工智能和智能制造主攻领域。在人工智能和智能装备应用方面，提出重点在生物医药、纺织服装、电子信息、汽车等领域建设智能工厂、数字化车间，在食品、机械、建材、有色、轻工等行业组织实施“机器人代人”。推动人工智能与农业、旅游、物流、金融、商务、家居等行业融合创新，支持人工智能在教育、医疗、养老、城市管理、公共服务、公共安全等领域深度应用。

#### **（7）2017年11月，上海市人民政府《关于本市推动新一代人工智能发展的实施意见》**

2017年11月，为贯彻落实国家《新一代人工智能发展规划》，上海市人民政府发布《关于本市推动新一代人工智能发展的实施意见》（下称《意见》）。随着新一代人工智能正在深刻改变经济社会发展模式，上海紧追北京的脚步，也意识到了加快发展新一代人工智能是顺应全球新一轮科技革命和产业变革趋势、赢得发展主动权的优先战略选择。

特别地指出，上海聚焦认知计算推进医疗健康精准普惠：“利用认知计算和深度学习技术，提升诊疗辅助、健康管理和养老照护等服务能力。加强自主智能医疗机器人和医疗设备等在辅助病症诊断、影像分析、手术诊疗、精准医疗中的推广应用，促进医疗服务精准化。基于大数据挖掘和分析，加强流行病预测与防控、体质监测、慢病管理和疾病筛查，

增强公共卫生普惠性。推动智能陪护机器人、智能健康设备等广泛应用，提升养老服务感受度”。《意见》积极推动人工智能技术与机器人技术深度融合，大力推进医疗康复等特定应用场景的智能服务机器人研发及产业化，大力发展全数字放大器、平板探测器等智能医疗模块，重点突破面向医疗设备、语音语义理解等终端和系统应用厂商的应用芯片。

#### **（8）2018年9月，上海市人民政府《关于加快推进上海人工智能高质量发展的实施办法**

继2017年11月上海率先发布《关于本市推动新一代人工智能发展的实施意见》后，2018年9月，上海再度发布《关于加快推进上海人工智能高质量发展的实施办法》，围绕集聚高端人才、突破核心技术、推进示范应用等五个方面提出了22条具体举措。

在医疗领域，提出要深化数据资源开放和应用，“制定公共数据资源开放清单，依法有序向人工智能企业开放教育、医疗、旅游等重点领域数据信息，建设文献语言、图像图形、环境传感、地图位置等多类型行业大数据训练库，满足人工智能深度学习的数据需求”。

#### **（9）2017年12月，天津市人民政府《天津市加快推进智能科技产业发展总体行动计划》和《天津市智能医疗与健康专项行动计划》**

2017年12月，天津市人民政府发布了《天津市加快推进智能科技产业发展总体行动计划》（以下简称《总体行动计划》）和《天津市智能医疗与健康专项行动计划》（以下简称《智能医疗与健康专项》）等十大专项行动计划。

其中，《总体行动计划》提出，到2020年，智能科技产业将成为经济发展新引擎，实施100项试点示范工程，智能科技产业规模达到1000亿元；到2025年，智能科技突破将带动创新能力全面提升，形成具有国际竞争力的产业集群、创新集群、企业集群，基本建成全国领先的智能科技产业高地和智能科技创新中心。

《智能医疗与健康专项》提出，到2020年，基本建成适应需求的智慧医疗与健康服务体系，建成全市医疗、医保、医药“三医一体化”大健康信息共享平台，基本实现全民健康信息化六大应用，智能医疗与健康服务和业务应用覆盖全市公立医疗卫生机构。

#### **（10）2018年10月，天津市人民政府《天津市新一代人工智能产业发展三年行动计划（2018—2020年）》**

为抢抓历史机遇、抢占产业优势，全力推动产业创新、加快打造“天津智港”，天津市人民政府根据《天津市加快推进智能科技产业发展总体行动计划》（津政办发〔2017〕112号），制定本行动计划。实施期限为2018年至2020年。计划提出，在智能医疗与健

康方面，要依托医疗、医保、医药“三医一体化”大健康共享平台，加快以居民电子健康档案、电子病历和全员人口数据为核心的健康医疗领域数据汇集，通过运用人工智能技术对医疗案例和经验数据进行深度学习和决策判断，建立快速精准的智能医疗、健康服务体系。推广智能可穿戴设备和智能分析系统的应用，推动健康管理从点状监测向连续监测转变。

深入实施智能制造工程，搭建一批智能制造应用场景，鼓励生物医药、新能源、新材料等产业与智能科技相融合；打造一批人工智能社会化应用场景，推动人工智能技术在智能交通、医疗与健康、智能商贸物流、智能金融等领域示范应用，扩展人工智能软硬件产品及服务应用市场，形成一批示范应用工程。

### **（11）2017年12月，浙江省人民政府《浙江省新一代人工智能发展规划》**

2017年12月，浙江省人民政府出台《浙江省新一代人工智能发展规划》，力争到2022年，浙江在人工智能基础前沿理论、核心技术、支撑平台、创新应用和产业发展等方面取得重要进展，人工智能总体技术与产业发展水平全国领先，并与国际先进水平同步。

《规划》布局浙江各市人工智能产业，以杭州城西科创大走廊、国家和省级高新技术园区、杭州未来科技城人工智能小镇、宁波高新区智能硬件园区、余姚智能新业港等，立足各市的基础条件和发展优势，制定人工智能方案。

在医疗领域，《规划》提出推动智能医疗的示范应用。“……建立快速精准的智能医疗体系。开展智慧医院建设试点，率先在肿瘤疾病等病种建立辅助诊疗、自动诊断、用药推荐、健康预警等服务，实现智能影像识别、病理分型和智能多学科会诊……”

### **（12）2017年12月，辽宁省人民政府《辽宁省新一代人工智能发展规划》**

在智能医疗方面，该规划提出重点突破医疗机器人、大数据分析、物联网、嵌入式无线传感器、云技术等共性关键技术，培育自动化、信息化、智能化的新型智能医疗体系，开展具有自主知识产权的智能医疗/康复机器人产品研发。面向常见重大疾病，发展相应机器学习和大数据平台，整合医院零散大数据源，构建快速准确自动化辅助诊疗体系。

在智能健康和养老方面，该规划提出围绕助老助残、健康监护、家庭服务等领域，运用物联网、移动互联网和云计算等新兴技术，开展智能可穿戴装备等产品研发。

围绕培育新一代人工智能核心产业，《规划》结合我市人工智能产业优势和发展需求，提出重点培育“智能芯片、智能语音及翻译、智能图像、智能器件”等四大产业。围绕做大做强人工智能相关产业，《规划》提出我市需要加快发展“智能机器人、智能装备、智能运载工具、智能医疗与健康服务、智能物流、智能家居”等六大产业。同时，《规划》



还提出了“智能制造、推动企业智能化升级、推广应用智能工厂”等加快推进产业智能化升级等任务，将我市打造成为国内人工智能产业创新高地。

### **（13）2017年12月，吉林省人民政府《关于落实新一代人工智能发展规划的实施意见》**

2017年12月，吉林省人民政府发布《关于落实新一代人工智能发展规划的实施意见》。

在智能医疗方面，该意见提出构建覆盖全人口、全生命周期的全民健康信息服务体系，打造智能医疗基础资源与创新平台；推广应用人工智能治疗新模式新手段，建立快速精准的智能医疗体系；开展建设智慧医院试点，开发人机协同的手术机器人、智能诊疗助手，研发柔性可穿戴、生物兼容的生理监测系统，研发人机协同临床智能诊疗方案，实现智能影像识别、病理分型和智能多学科会诊。基于人工智能开展大规模基因组识别、蛋白组学、代谢组学等研究和新药研发；开发远程医疗系统，推进医药监管智能化。

在智能健康和养老方面，该意见提出加强群体智能健康管理，研发健康管理可穿戴设备和家庭智能健康检测监测设备，推动健康管理实现从点状监测向连续监测、从短流程管理向长流程管理转变。加强老年人产品智能化和智能产品适老化，开发视听辅助设备、物理辅助设备等智能家居养老设备，拓展老年人活动空间。开发面向老年人的移动社交和服务平台、情感陪护助手，提升老年人生活质量。建设智能养老社区和机构，构建安全便捷的智能化养老基础设施体系。

### **（14）2018年2月，河北省人民政府《河北省战略性新兴产业发展三年行动计划》**

在高端医疗器械方面，该计划提出重点开发医用机器人、高性能医疗设备、智能医疗器械、远程医疗等移动医疗产品以及生物医用材料，研发新型影像设备、核磁共振、心电图监测仪、体外诊断仪、生化分析仪、X线摄影与透视仪、植介入医疗器械、高值医用敷料及耗材等高性能医学诊疗设备。支持骨科植入材料、人工皮肤、人工器官、生物支架材料、药物涂层支架、可降解快速止血材料和医用粘接剂的研发及产业化。

在智慧医疗产品方面，该计划提出推动“互联网+”生物医药健康，开发具备云服务和人工智能功能的移动医疗产品、可穿戴设备，以及基于移动互联网的健康管理软件和可实现远程监护、咨询的远程医疗系统。加快健康医疗大数据的开发利用，支持电子健康档案、电子病历、电子处方等数据库建设，实现数据资源互联互通和共享，利用人工智能技术辅助疾病诊治、药物评价和新药开发，发展基于大数据的医疗决策支持系统。

### **（15）2018年2月，黑龙江省人民政府《黑龙江省人工智能产业三年专项行动计划（2018—2020年）》**

2018年2月，黑龙江省人民政府发布《黑龙江省人工智能产业三年专项行动计划（2018—2020年）》，提出立足我省康复辅助器具产业现有基础，以三大领域（研发设计领域、产品制造领域、配置服务领域）为发展重点，挖掘消费潜力，培育新增长点。

### **（16）2018年3月，福建省《推动新一代人工智能加快发展的实施意见》**

为推动数字福建建设应用迈向“智慧化”新阶段，培育人工智能新业态，加快福建省新一代人工智能和实体经济深度融合，福建省人民政府印发了《关于推动新一代人工智能加快发展的实施意见》，在智能医疗方面，依托福建省立医院、福建医科大学附属第一医院和协和医院等医疗机构和相关企业，利用大数据和人工智能分析技术建设医学图像自动处理与分析系统、智能辅助诊断系统、远程医疗系统等，积极应用柔性可穿戴、生物兼容的生理监测系统，推进精准医疗、智能医疗、智慧医院等建设，提升医疗服务能力和群众获得感。

### **（17）2018年4月，河南省人民政府《河南省智能制造和工业互联网发展三年行动计划（2018—2020年）》**

2018年4月，河南省人民政府发布《河南省智能制造和工业互联网发展三年行动计划（2018—2020年）》，提出实施生产线智能化改造行动。以设备互联、数据互通为重点，推动生产线全流程数字化，实现“线”上链接。围绕食品、冶金、建材、化工、纺织服装、生物医药等流程型行业，支持企业应用智能仪表、数据采集和监控系统替代人工记录，推动关键生产环节工艺数据自动采集，实现基于模型的先进控制和在线优化。

### **（18）2018年4月，广西壮族自治区人民政府《关于贯彻落实新一代人工智能发展规划的实施意见》**

2018年4月，广西壮族自治区人民政府发布《关于贯彻落实新一代人工智能发展规划的实施意见》。

在智能医疗方面，该意见提出要加快推进自治区、市两级人口健康信息平台基础设施建设，支持发展智慧医院系统，推进电子病历标准化建设，实现临床路径信息化。探索构建区域一体化的医院管理信息系统(HIS)和检验、体检、影像系统，促进医疗资源共建共享。

在智能健康和养老方面，该意见提出要搭建全区养老服务信息管理平台，促进智慧健康养老服务业发展。打造一批居家养老服务信息化示范社区，创新养老服务业态。鼓励企业开发移动医疗、视讯医疗、远程照护、健康监测、智能服药等家庭健康信息产品。加快智慧健康设备研发成果转化，提高生产制造水平，促进健康医疗智能装备产业升级。

### **（19）2018年5月，江苏省人民政府《江苏省新一代人工智能产业发展实施意见》**

2018年5月，江苏省人民政府围绕“制造强省”、“网络强省”任务部署，发布了《江苏省新一代人工智能产业发展实施意见》，在“人工智能+医疗”方面，提出建立快速精准的智能医疗体系，开发人机协同的手术机器人、智能诊疗助手，研发柔性可穿戴、生物兼容的生理监测系统，实现智能影像识别、病理分型和智能多学科会诊。

### **（20）2018年5月，安徽省人民政府《安徽省新一代人工智能产业发展规划（2018—2030年）》**

2018年5月，为贯彻落实《国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知》，抢抓新一代人工智能发展重大战略机遇，厚植我省人工智能发展先发优势，安徽省人民政府出台《安徽省新一代人工智能产业发展规划（2018—2030年）》（下称《规划》）。

《规划》将医疗健康业作为发展新一代人工智能的重点领域之一，重点支持深度学习、语音识别、语法语义分析、图像识别、智能微创、辅助诊疗等云服务发展，加快人工智能在医疗领域的深度应用。《规划》提出：“研发智能导诊导医机器人、外科辅助机器人、人工智能医学影像辅助诊断系统、语音电子病历系统及认知医疗辅助问诊系统、外科智能装备、智能内镜系统等，提高医生诊疗水平和工作效率，推进智慧医院建设。加强典型慢性病群体智能健康管理，突破健康大数据分析、医疗物联网等关键技术，研发适宜社区普及和居家应用的智能化健康检测与监测设备，推动慢性病管理实现从院内治疗到院外康复的智能化全流程连续管理”。

### **（21）2018年8月，广东省人民政府《广东省新一代人工智能发展规划》**

2018年8月，广东省人民政府出台《广东省新一代人工智能发展规划》，在智能医疗方面，支持腾讯加快建设医疗影像国家新一代人工智能开放创新平台，重点开展人工智能医学影像研究，探索建立多病种病症影像和电子病历标准化数据库，推动相关算法、模型、数据的开放共享，引导更多人工智能中小企业进入医疗行业。

该规划同时提出，利用人工智能核心技术，推动人工智能治疗新模式创新，建立快速精准的智能医疗体系。支持中山大学、南方医科大学的附属医院以及广东省人民医院等高

水平三甲医院加快建立和完善人工智能辅助诊疗中心，推行智能语义电子病历系统，推动医疗设备与智能技术相融合，重点开发数字化医疗影像设备、分析系统、诊断系统、健康检测系统等智能医疗设备。探索智慧医院建设，研发智能诊疗、智能多学科会诊等。建设广东健康医疗业务专网、全民健康信息综合管理平台和省级全民健康大数据中心。

## **(22) 2018年8月，甘肃省人民政府《甘肃省新一代人工智能发展实施方案》**

2018年8月，甘肃省人民政府发布《甘肃省新一代人工智能发展实施方案》，提出在智能医疗方面，探索和鼓励智慧医院建设，开发人机协同的手术机器人、智能诊疗助手，研发柔性可穿戴、生物兼容的生理监测系统，研发人机协同临床智能诊疗方案，实现智能影像识别、病理分型和智能多学科会诊。推进基因芯片与测序技术在遗传性疾病诊断、癌症早期诊断和疾病预防检测方面的应用，加强人口基因信息安全管理，推动精准医疗技术发展。全面建成省、市、县全民健康信息平台，健全和完善电子健康档案数据库、电子病历数据库和全员人口数据库，利用深度学习、计算机视觉等技术对影像数据、电子病历进行分析，为智能医疗提供依据和支持。

## **(23) 2018年9月，四川省人民政府《四川省新一代人工智能发展实施方案》**

在智慧医疗及康养示范方面，该方案提出开展智能医疗新技术和新模式应用，研究人工智能与中医“治未病”相结合的智能健康管理服务模式。推进人工智能技术及智能医疗设备在病例筛查、疾病预测、疾病检测、诊疗辅助、辅助用药、健康管理和中医辩证施治中的应用，建立精准的智慧医疗体系。研发可穿戴智能监护、智能医养辅助设备、智能健康监测系统，构建安全便捷的智慧康养体系，形成应用示范。

### **6.1.3 市级层面**

#### **(1) 2017年2月，杭州市人民政府《杭州市科技创新“十三五”规划》**

2017年2月，杭州市人民政府发布《杭州市科技创新“十三五”规划》。该规划提出推进重点领域的关键技术研发。重点围绕新一代信息技术、先进装备制造、新能源汽车及汽车智能技术、新材料、节能环保、生物医药和医疗器械等7大领域，对人工智能、量子通信、增材制造、新型显示、虚拟现实等前沿领域予以重点支持。

#### **(2) 2015年8月，深圳市人民政府《深圳市“互联网+”行动计划》**

2015年8月，深圳市人民政府发布《深圳市“互联网+”行动计划》，提出促进人工智能广泛应用。依托云计算服务平台，构建包括语音、图像、视频、地图等数据的海量资源库，加强人工智能基础资源和公共技术平台建设；推进计算机视觉、智能语音处理、生物特征识别、自然语言理解、智能决策控制以及新型人机交互等关键技术的研发和产业化；促进人工智能在智能家居、智能终端、智能汽车、机器人等领域的推广应用，为产业智能化升级夯实基础。

### **（3）2017年12月，安徽省人民政府《中国（合肥）智能语音及人工智能产业基地（中国声谷）发展规划（2018—2025年）》**

该规划提出，在智能健康和养老方面，要加强群体智能健康管理，大力发展智能手表、智能手环、智能眼镜、可穿戴式医疗设备，提升语音交互功能。打造智能养老服务系统平台，通过语音交互技术为老人提供健康管理、紧急救援等服务，推动健康管理实现从点状监测向连续监测、从短流程管理向长流程管理转变。建设智能养老社区和机构，构建安全便捷的智能化养老基础设施体系。

### **（4）2018年12月，合肥市人民政府《合肥市人民政府关于加快人工智能产业发展的实施意见（征求意见稿）》**

该规划提出，在人工智能+医疗康养方面，要加快推进国家健康医疗大数据中部中心等重大项目建设，丰富和拓展健康大数据、流行病防控、远程监护、体质监测等智能医疗服务，逐步完善健康医疗大数据产业生态圈。积极推动人机协同手术机器人、智能导诊导医机器人、智能诊疗助手、柔性可穿戴生理监测设备、智能肢体康复训练设备、功能替代性智能假体、可穿戴外科骨骼等智能化设备研发产业化以示范应用。鼓励发展基于人工智能技术的远程会诊、远程影像、远程检验、远程心电等新型智慧医疗服务，培育智能医疗产业新业态。鼓励建设智能养老社区和机构，打造智能化养老解决方案平台，多维度构建智慧养老服务体系。构建安全便捷的智能化养老基础设施体系，开展家庭医生签约服务，推进分级诊疗信息化应用平台建设，推动健康管理实现从点状监测向连续监测、从短流程管理向长流程管理转变，实现个性化、高品质的智能健康与养老服务。

### **（5）2018年3月，广州市人民政府《广州市加快IAB产业发展五年行动计划（2018—2022年）》**

该计划提出，到2022年，成为影响全球、引领全国的IAB产业集聚区，建成“世界显示之都”、“国际软件名城”、国际一流的人工智能应用示范区和具有全球影响力的生物



医疗健康产业重镇。全市IAB产业规模年均增长15%以上，总规模超10000亿元。其中，新一代信息技术、人工智能、生物医药产业规模分别超7000亿元、1200亿元、1800亿元。

#### **(6) 2017年3月，苏州工业园区管理委员会《苏州工业园区人工智能产业发展行动计划(2017-2020)》**

2017年3月，苏州工业园区管理委员会发布《苏州工业园区人工智能产业发展行动计划(2017-2020)》。该意见提出，促进产业高端集聚。充分发挥园区电子信息、机械装备、生物医药等产业的优势，瞄准人工智能全产业链条，全力引进龙头企业，推动人工智能与现有产业深度融合。

#### **(7) 2017年11月，武汉东湖高新区《东湖高新区人工智能产业规划》**

2017年11月，武汉东湖高新区发布《东湖高新区人工智能产业规划》。该规划提出推动数据资源开放共享与创新应用，开展政府公共数据资源开放共享先行先试，将人工智能技术赋能于交通、医疗、教育等民生保障服务相关领域，推动政府数据向社会开放和应用推广。

#### **(8) 2017年12月，南京市人民政府《南京市关于加快人工智能产业发展的实施意见》**

2017年12月，南京市人民政府发布《南京市关于加快人工智能产业发展的实施意见》。该意见提出支持医疗教育民生智能化应用。支持人工智能企业与医疗机构合作，开发医疗影像、远程问诊、药物挖掘、医疗数据等智能医疗应用场景，开发人机协同的手术机器人、智能诊疗助手，深化人机协同临床智能诊疗方案，实现智能影像识别、病理分型和智能多学科会诊。开放精准定制、远程推送的人工智能教育应用场景服务，支持互联网企业开发智能教育助理，开展智能校园建设，开发立体综合教学场、智能在线学习教育平台，推动人工智能在教学、管理、资源建设等全流程应用。

#### **(9) 2018年5月，成都市人民政府《关于推动新一代人工智能发展的实施意见》**

2018年5月，成都市人民政府发布《关于推动新一代人工智能发展的实施意见》。

在“人工智能+健康医疗”工程方面，该意见提出要加强可穿戴设备和系统在康复医疗、生理数据采集等场景中的推广应用。推动情感机器人等在就医咨询、养老照护等场景中实现应用。大力推进辅助诊疗核心技术研发，提高基于深度学习技术辅助诊疗应用的准确度，鼓励开发建设医疗云平台。支持医疗人工智能技术在我市医疗机构应用，鼓励院校

和企业与医疗机构围绕智慧医院共同开展应用研究和项目推广，推进第三方AI诊断中心有序发展。

**(10) 2018年3月，西安市人民政府正在编制《西安市人工智能产业规划（2018年-2021年）》**

**(11) 2018年5月，沈阳市人民政府《沈阳市新一代人工智能发展规划(2018-2030年)》**

2018年5月，沈阳市人民政府发布《沈阳市新一代人工智能发展规划(2018-2030年)》。

在智能医疗与健康服务产业方面，该规划提出通过运用人工智能技术对医疗案例和经验数据进行深度学习和决策判断，显著提高医疗机构和人员的工作效率，大幅降低医疗成本，建立快速精准的智能医疗、健康服务体系，推进可穿戴设备研发及产业化力度，将智能医疗与健康服务产业打造成沈阳的高成长性新兴产业。

**(12) 2018年12月，厦门市人民政府《厦门市推动新一代人工智能产业发展若干措施》**

2018年12月，厦门市人民政府发布《厦门市推动新一代人工智能产业发展若干措施》，一共包括九大具体措施：支持人工智能技术攻关、支持人工智能基础支撑平台建设、支持人工智能国家级创新载体建设、鼓励企业制定人工智能标准、推进人工智能应用、支持人工智能企业来厦落户、支持人工智能企业做大做强、支持设立人工智能支撑服务机构、支持举办国家级人工智能博览会。

**(13) 2018年12月，厦门市经济和信息化局《厦门市新一代人工智能产业发展行动计划（2019-2021）》**

2018年12月，厦门市经济和信息化局发布《厦门市新一代人工智能产业发展行动计划（2019-2021）》，提出到2021年，厦门市累计引进50名以上新一代人工智能领军人才，培养1000名人工智能各类人才，培育5家以上人工智能细分领域龙头企业，产业规模超过100亿元，协同带动相关产业规模超过1000亿元。

## 6.2 中国人工智能医疗企业清单

序号	企业名称	成立时间	总部	类型	细分领域	轮次	融资额	币种	投资方
1	Airdoc	2015年	北京	医学影像	病灶筛查	B轮	数亿	人民币	复星领投、搜狗追投
2	BigVision	2015年	苏州	医学影像	病灶筛查	A轮	3000万	人民币	翔石资本
3	ChildCare 云听	2015年	上海	健康管理	慢病管理	A轮	未披露	未披露	洪泰基金、谷仓学院
4	DeepCare	2016年	北京	医学影像	病灶筛查	战略投资	数千万元	人民币	中关村发展集团
5	EDDA科技	2004年	上海	医学影像	病灶筛查/ 脏器三维成像	未披露	未披露	未披露	未披露
6	安翰医疗	2009年	武汉	健康管理	慢病管理	战略投资	1亿	美元	大中投资、同晟创投、软银中国、优势资本、虔盛投资、厚新健投
7	百世伽	2015年	杭州	辅助诊断	导诊机器人	未披露	未披露	未披露	未披露
8	百洋智能	2014年	青岛	疾病预测	诊断	未披露	未披露	未披露	未披露
9	半个医生	2014年	杭州	辅助诊断	虚拟助理	Pre-A轮	数百万	美金	真格基金
10	必拓狮	2012年	南京	健康管理	慢病管理	Pre-A轮	数千万	人民币	好望角投资
11	舶众数据	2014年	上海	辅助诊断	电子病历	未披露	未披露	未披露	未披露
12	迪英加科技	2017年	杭州	医学影像	病理诊断	A轮	数千万	人民币	君联资本、金阖资本、IDG资本共同领投，将门创投、布朗什维克基金跟投
13	点内生物	2016年	上海	医学影像/辅助诊断	病灶筛查、 电子病历	天使轮	近千万	人民币	新毅投资

14	海纳医信	2008年	北京	医学影像	脏器三维成像	A轮	3000万	人民币	红杉资本
15	衡道病理	2017年	上海	医学影像	病理诊断	A+轮	未披露	未披露	商汤科技联合同渡资本领投，中经合明跟投
16	汇医慧影	2015年	北京	医学影像	病灶筛查	战略投资	未披露	未披露	Intel Capital、芯动能投资
17	惠每医疗	2015年	北京	辅助诊断	电子病历	战略投资	未披露	未披露	高瓴资本
18	家链医疗	2016年	上海	辅助诊断	心电图	未披露	未披露	未披露	未披露
19	健康有益	2014年	北京	健康管理	慢病管理、母婴管理	天使轮	未披露	未披露	汉能投资
20	健培科技	2012年	杭州	医学影像	病灶筛查	B轮	5000万	人民币	申时行投资
21	经纶世纪	2009年	北京	辅助诊断/健康管理	导诊机器人/慢病管理	A轮	未披露	未披露	世威集团
22	晶泰科技	2015年	深圳	药物研发	药物晶型预测	B+轮	4600万	美元	国寿大健康领投，SIG（海纳亚洲）、雅亿资本跟投
23	晶云药物	2010年	苏州	药物研发	药物晶型预测	B轮	1亿	人民币	拾玉领投，同创伟业和元禾原点跟投
24	绝世好医	2007年	上海	辅助诊断	虚拟助手	C轮	数千万元	人民币	同渡创投领投
25	康伯石	2014年	南京	辅助诊断	电子病历	A轮	未披露	未披露	复星医药
26	康夫子	2015年	北京	辅助诊断	虚拟助手	A+轮	数千万	人民币	晨山资本
27	兰丁高科	2000年	武汉	医学影像	病灶筛查/病理分析	C轮	未披露	未披露	招商局创投、中银投资
28	乐普医疗	1999年	北京	医学影像	心电图	上市	未披露	未披露	未披露
29	连心医疗	2016年	北京	医学影像/辅助诊断	癌症放疗辅助、多源异构数据挖掘	A轮	5000万	人民币	丹华资本领投，线性资本跟投
30	零氟科技	2014年	北京	辅助诊断	电子病历	D轮	10亿	人民币	中投公司

31	妈妈帮	2003年	上海	健康管理	母婴健康管理	B轮	数亿	人民币	好未来
32	哪吒保贝	2015年	深圳	健康管理	母婴健康管理	未披露	未披露	未披露	未披露
33	脑医生	2017年	上海	医学影像	病灶筛查	Pre-A轮	数千万	人民币	海尔资本
34	旗瀚科技	2006年	深圳	辅助诊断	导诊机器人	未披露	未披露	未披露	未披露
35	全域医疗	2015年	北京	医学影像	癌症放疗辅助	B轮	7亿	人民币	中金资本领投，中电健康基金、金浦投资、雍创投资、朴弘资本、磁瓴基金跟投
36	认识医生	2014年	杭州	辅助诊断	虚拟助理	A轮	数千万	人民币	搜狗
37	认知关怀	2016年	杭州	疾病预测	诊断	战略投资	3333万	人民币	思创医惠
38	睿佳科技	2016年	武汉	医学影像	脏器三维成像	Pre-A轮	未披露	未披露	新进创投
39	润心医疗	2014年	苏州	医学影像	病灶筛查	Pre-A轮	未披露	人民币	同创伟业
40	若水医生	2014年	成都	辅助诊断	导诊机器人	B轮	数千万	人民币	蓝驰创投
41	森亿智能	2016年	上海	辅助诊断	电子病历	B+轮	未披露	未披露	襄禾资本
42	上工医信	2014年	北京	医学影像	病灶筛查	A轮	4千万	人民币	海达投资、珠海亿胜科技和广发乾和
43	深度智耀	2017年	北京	药物研发	药物挖掘	B轮	1500万	美元	红杉资本
44	深睿医疗	2017年	北京	医学影像	病灶筛查	B轮	1.5亿	人民币	君联资本领投，联想之星、丹华资本、昆仲资本、同渡资本、道彤投资、弘道资本跟投



45	深透医疗	2017年	美国	医学影像	脏器三维成像	Pre-A轮	500万	美元	Bessemer Venture Partners 和 Data Collective 领投, Breyer Capital、Fusion Fund、真格基金、百度创投、清源创投、Wisemont 资本跟投
46	神州德信	2011年	渭南	医学影像	脏器三维成像	未披露	未披露	未披露	未披露
47	视见医疗	2017年	深圳	医学影像	病灶筛查	A轮	1亿	人民币	深创投、招商局创投
48	数创医疗	2003年	上海	辅助诊断	心电图	未披露	未披露	未披露	未披露
49	数坤科技	2017年	北京	医学影像	病灶筛查	A轮	1亿	人民币	华盖资本、晨兴资本联合领投, 远毅资本跟投
50	思派网络	2014年	北京	辅助诊断	电子病历	D轮	4亿	人民币	中电中金基金领投, 鼎晖投资、腾讯、斯道资本和F-Prime、IDG资本跟投
51	四维祥泰	2010年	北京	医学影像	病灶筛查	天使轮	数千万	人民币	安龙基金领投
52	索闻博识	2014年	北京	辅助诊断	电子病历	A轮	数千万	人民币	经纬中国领投
53	肽积木	2016年	北京	医学影像	病灶筛查	天使轮	数百万	未披露	未披露
54	泰立瑞	2016年	南京	医学影像	病灶筛查/病理分析	未披露	未披露	未披露	未披露
55	碳云智能	2015年	深圳	辅助诊断	电子病历	战略融资	3亿	人民币	鑫根资本
56	糖护士	2013年	北京	健康管理	慢病管理	A轮	数千万	人民币	晨兴资本

57	体素科技	2016年	美国	医学影像	病灶筛查	B轮	5000万	美元	弘泰资本领投, 红杉资本、青松资本、汉富资本跟投
58	天明创新	2015年	北京	医学影像	病灶筛查	A轮	数千万	人民币	未披露
59	图玛深维	2016年	苏州	医学影像	病灶筛查/ 病理分析	B轮	2亿	人民币	软银中国领投, 辰德资本、德联资本参投, 真格基金、经纬中国继续跟投
60	推想科技	2016年	北京	医学影像	病灶筛查	C1轮	未披露	未披露	鼎晖资本领投, 海通开元、红杉资本、襄禾资本、鸿为尚城、元生以及泰合资本联合跟投
61	万里云	2009年	北京	医学影像	病灶筛查	A轮	2.25亿	人民币	阿里健康
62	万灵盘古	2016年	北京	疾病预测	诊断	Pre-A轮	1500万	人民币	金浦投资
63	万物语联	2015年	北京	辅助诊断	导诊机器人	未披露	未披露	未披露	未披露
64	微瞰智能	2016年	上海	医学影像	病理分析	天使轮	250万	人民币	众合创投、优势资本
65	希氏异构	2017年	程度	医学影像	病灶筛查	Pre-A轮	3000万	人民币	星空资本、奇迹之光
66	心声医疗	2017年	合肥	辅助诊断	心电图	天使轮	500万	人民币	未披露
67	昕健医疗	2014年	上海	医学影像	脏器三维成像	A轮	数千万	人民币	比邻星创投领投, 鼎心资本、达泰资本跟投
68	星医科技	2016年	深圳	辅助诊断	电子病历	未披露	未披露	未披露	未披露
69	修龄中医	2015年	上海	辅助诊断	电子病历	天使轮	300万	人民币	上海南翔创投
70	雅森科技	2006年	北京	医学影像	脏器三维成像	A+轮	数千万	人民币	科大智能

71	药师小乔	2014年	北京	辅助诊断	导诊机器人	天使轮	数百万	人民币	未披露
72	医渡云	2012年	北京	辅助诊断	电子病历	B轮	未披露	未披露	和玉资本
73	医鸣技术	2012年	北京	辅助诊断	电子病历	B轮	近1亿	人民币	国中创投
74	医诺科技	2004年	深圳	医学影像	癌症放疗辅助	C轮	5500万	人民币	泓锦文基金
75	医拍智能	2015年	北京	医学影像	病灶筛查	A+轮	1000万	人民币	未披露
76	医随访	2013年	北京	健康管理	慢病管理	天使轮	数百万	人民币	快创营
77	依图科技	2012年	上海	医学影像	病灶筛查/ 癌症放疗辅助	战略融资	1亿	美元	兴业资管
78	依未科技	2018年	北京	医学影像	病灶筛查	天使轮	500万	人民币	未披露
79	壹健康	2010年	北京	辅助诊断	虚拟助理	战略融资	未披露	未披露	京东数科
80	翼依科技	2014年	上海	辅助诊断	电子病历/ 虚拟助理	B轮	未披露	人民币	红杉资本、青松医疗
81	翼展科技	2009年	西安	医学影像	病灶筛查	B轮	未披露	未披露	华夏德信基金、朗盛投资
82	有求云诊	2015年	北京	医学影像	癌症筛查	Pre-A轮	1000万	人民币	未披露
83	悦糖	2011年	北京	健康管理	慢病管理	天使轮	1000万	人民币	洪泰基金
84	云济信息	2015年	上海	医学影像	病灶筛查	天使轮	未披露	未披露	复星集团
85	云知声	2012年	北京	辅助诊断	智能语音录入、导诊机器人	C+轮	6亿	人民币	中国互联网投资基金领投，中金佳成、中建投资本跟投
86	致远慧图	2016年	北京	医学影像	病灶筛查	天使轮	数千万	人民币	丹麓资本
87	智影医疗	2014年	深圳	医学影像	病灶筛查/ 病理分析	A轮	未披露	未披露	深圳海创基金
88	中科汇能	2016年	北京	辅助诊断	智能语音录入	未披露	数百万	人民币	创新工场
89	自测用药	2007年	北京	辅助诊断	虚拟助理	A轮	数百万	人民币	奇虎360

## 7. 参考文献

1. 21世纪经济报道：医疗AI监管：定位二、三类医疗器械，路径尚未明朗
2. 21世纪经济报道：医疗AI“千帆竞发” 审批成商业化进展关键一步
3. Accenture: artificial intelligence: healthcare's new nervous system
4. CB Insights: top AI trends to watch in 2018
5. FDA: the long run as now: how FDA is advancing digital tools for medical product development
6. Gartner、中国信通院：2018 世界人工智能产业发展蓝皮书
7. McKinsey: notes from the frontier modeling the impact of AI on the world economy
8. 蛋壳研究院：2017医疗大数据和人工智能产业报告
9. 蛋壳研究院：2018医疗人工智能报告
10. 动脉网：AI里程碑！药监局三类AI器械申报流程流出！审批要点全解读
11. 国泰君安：人工智能重塑医疗行业
12. 虎嗅网：IBM 沃森健康疯狂裁员70%原因何在？
13. 互联网医疗健康产业联盟：2018年医疗人工智能技术与应用白皮书
14. 火石创造：国内AI医学影像平台商业模式探索
15. 甲子光年：药物研发变局：我不是药神，AI是药神吗？
16. 健康点、飞利浦：中国医疗人工智能产业报告
17. 经济：AI+健康管理，开启个性化诊疗新时代
18. 美柏医健：AI医疗的融资赛道上，有哪几类医学影像公司受青睐？
19. 清华大学中国科技政策研究中心：2018中国人工智能发展报告
20. 人工智能产业发展研究课题组：北京人工智能产业发展白皮书
21. 医趋势：对话刘士远教授：AI医学影像时代，中国医疗如何弯道超车？

22. 亿欧：2017中国人工智能赋能医疗产业研究报告
23. 亿欧：2018中国人工智能商业落地研究报告
24. 亿欧：2018中国医疗人工智能发展研究报告
25. 中国医药报：AI医疗器械产品怎么审批？



## 编写说明：

本报告统一使用“人工智能”代替“AI”，特此说明。但“AI医学影像、AI辅助诊断、AI药物研发、AI健康管理、AI疾病预测”、“AI医疗器械、医疗AI产品、AI技术公司”等行业常用术语，以及政策原文或产品名称等内容继续沿用通常表达。